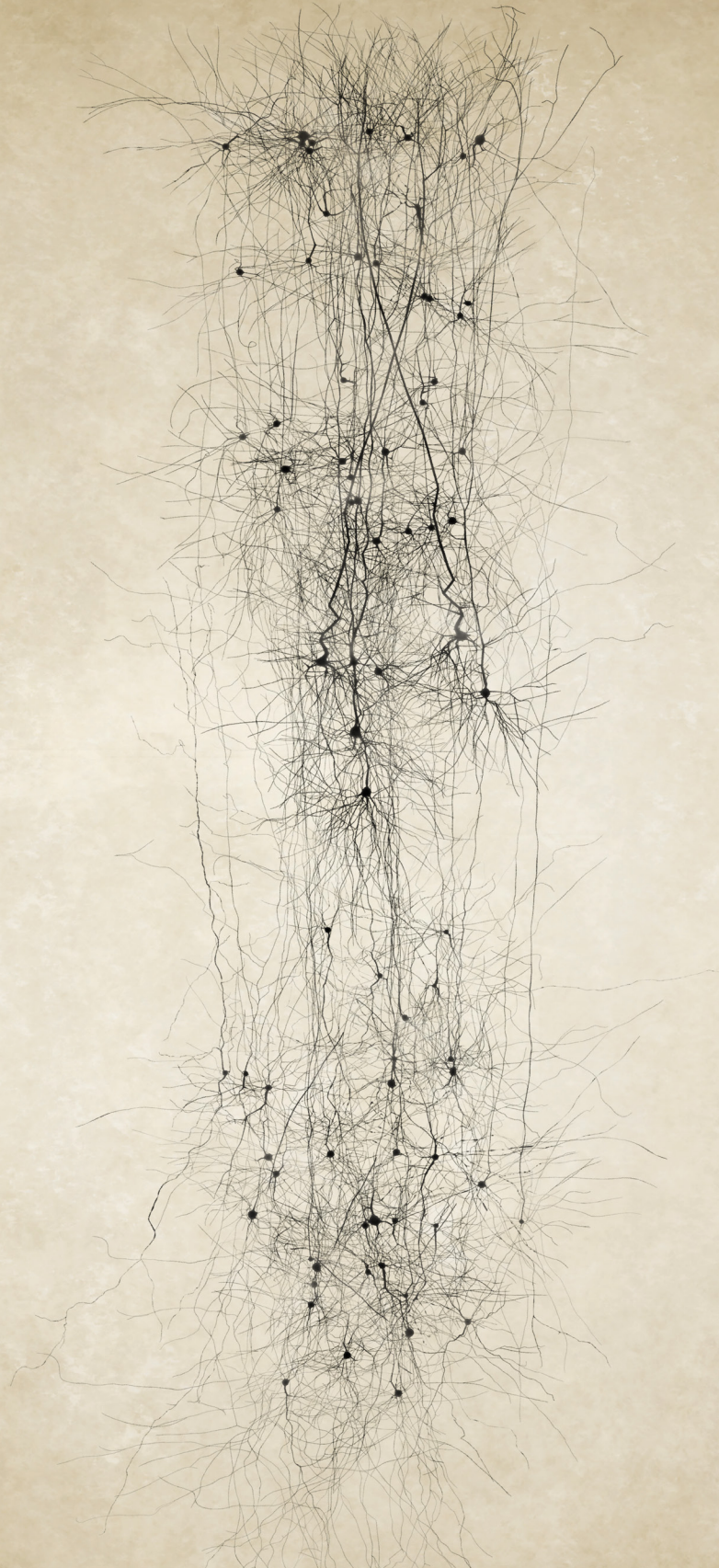




ELMI SPEKTR 4
AYLIQ ELMİ KÜTLƏVİ JURNAL



- 05** süni beyinler
- 14** şüur və onun təkamülü
- 19** işığın dilemması
- 25** növlərin mənşeyi
- 34** DNT və ikili sarmalı (II hissə)
- 44** dilin öyrənilməsində kritik dövrün rolu
- 49** hava kirlənməsində uçucu üzvi birləşmələr

gələcəkdən günlüklər

Xəyali səyahətlər etməyə olan böyük sevgimiz, yəqin ki, indiyə qədər yazdıqlarımız sayəsində sizə məlumdur. Belə ki, bir neçə həftə bundan əvvəl müxbirimiz çəhrayı zaman avtobusuna minərək 200 il sonraya yola düşdü. Ondən xeyli müddət xəbər almadıqdan sonra, günün birində çəhrayı zaman avtobusumuzu şəhərin düz ortasında, içində də müxbirimizə aid bir gündəliklə tapdıq. Başa düşdüyümüz qədər ilə, müxbirimiz gələcəyə gedib öz köhnə dünya ilə bağlı yaddaşını tamamən itirmişdir, yazılarında özünü əsl “gələcəkli” kimi aparır. (Elə bil onu xaricdə təhsilə göndərmişik.) Bu hadisənin səbəbi çəhrayı zaman avtobusundakı nasazlıq və yaxud da daha böyük ehtimal verdiyimiz versiya, gələcəkdə çox mürəkkəb texnologiya ilə müxbirimizin beyninə süni yaddaş implantasiyası ola bilər. Əlqərəz, sizə həmin gündükdən vacib bir hissəni təqdim edirik. Müxbirimizin sözünü etdiyi jurnalın bizim jurnal olduğunu təxmin edirik və sevinirik ki, işimizin bir nüsxəsi belə olsa 200 il sonraya gedib çıxmışdır.

“ . . . Qapını çox cırılatmamaq üçün cəld bağlayıb içəri girməyə çalışdım. Əvəzində qapının tappıltısı və kiçik şüşələrindən çıxan səs içəridəki sükuta təcavüz elədi. İçəri girənə qədər burada qədim elmi bir jurnalı axtarmalı olduğumu ağımda tutaraq gəlmişdim. İndi isə pəncərələrdən əyilərək düşən gün işığının, havada rəqs edən toz zərrəciklərinin və kağız qoxusunun əmələ gətirdiyi harmoniyanı, çıxardığım qapı səsiylə pozmuş olmağım, buraya nə üçün gəldiyimi unutturmuşdu. Həyatımda ilk dəfə idi bu qədər qədimi, kitabla dolu bir yerə girirdim. Hər nə qədər qərribə olsa da, bu məkana son əsrlərin texnoloji inkişafı hələ gəlib çıxmamışdı. Bir az çaşqın, bir az da olduğum yerin verdiyi sürrealıq hissindən bihuş halda ikən, bayaqdan bəri fərqi nə varmadığımı satıcı səsləndi:

“Buyurun, yoldaş oxucu, necə kömək edə bilərəm?”

Doğurdan da necə kömək edə bilər deyə düşündüm bir an. Pəncərədən düşən gün şüalarının arxasında dayanmış, qarabuğdayı, girdə sifətli, qıvrım və nisbətən baxımsız saçları, eynəkləri (ki, axır vaxtlar intellektual dairələrdə yenə dəb idi), eynəklərin ardında kiçilmiş, amma çox aydın nəzərlərlə baxan gözləri olan bu oğlanla təqribən eyni yaşda idik. Heç tanımadığım halda, durduq yerə həyatın ən qəliz məsələlərindən söhbət açma biləcəyini birinə bənzəyirdi. Yəqin, elə bu səbəbdən indiyə qədər heç vaxt dilimə gətirmədiyimə əmin olduğum bir cümlə ilə cavab verdim:

“Görəsən havadakı toz zərrəcikləri mən gəlməzdən əvvəl də belə sürətli hərəkət edirdilər? Məncə, onları rahat etdim.”

“Nəinki tozları, gün şüalarının içindəki işıq zərrəciklərini belə diqqətli müşahidənizlə rahat etmiş ola bilərsiniz.” -deyib mən gəlməzdən əvvəl oxuduğu jurnalı mənə tərəf, masanın üstünə atdı. “Oxuyun, ‘Işığın dilemması’ səh. 19.”

Jurnalı əlimə alanda, buraya gəlmə səbəbimi xatırladım— neçə gündür məhz bu jurnalı axtarırdım. Dördüncü sayı idi əlimdəki, Aprel 2016. Təxminən 200 il əvvəl çox az tirajla nəşr olunmuş bu jurnal haqqında bu yaxınlarda baş tutacaq Azərbaycan Elmi Birliyinin yubileyi münasibətilə institutumuzun e-qəzetinə məqalə yazmalıydım. Azərbaycan dilində elmi-kütləvi yazıların yayımlandığı ilk jurnal idi bu. Şəhərin tək-tük köhnə, tozlu, heç kimin tanımadığı, nadirən gözə dəyən kitab mağazalarını gəzmiş tapa bilməmiş, ən son ehtimal olaraq bura yönləndirilmişdim. Mən gələndə satıcının

istədiyim jurnalı oxuyur olmağının ehtimalı ehtimallar nəzəriyyəsinin dibini siyirirdi. Satıcı jurnalı diqqətlə vərəqlədiyimi görüb, bütün məlumatı bir saniyədə beynimə hopdurmaq istədiyimi duyduğundandır ki, hər halda özünü daha çox bilgi vermək məcburiyyətində hiss elədi:

“Maraqlıdır, adamlar iki əsr əvvəl süni beyin qurmağın xəyalı ilə yaşayıblar. Uzun-uzadı Qərbin bu yöndə aparıldığı böyük layihələrdən yazıblar, psixiatrik xəstəliklərin yaranma səbəblərini, hətta insan zəkasının, şüurunun necə əmələ gəldiyini anlamağa çalışıblar. Düzdür, bunu öyrənmək hələ də tam mümkün olmayıb, amma süni intellekt sahəsində onların təsəvvür belə eləmədiyi inkişafa nail olmuşuq. Oxusan görəcəksən, o vaxtlar təkamül, şüurun təkamülü haqda bildikləri də olduqca sadə şeylər olub, amma düzgün səmtdə getməyi bacarıblar, necə ki, Darwin özü də növlərin mənşəyini çox primitiv elmi metodlarla, ev göyərçinlərini izləyərək izah etməyə başlamışdı. Mənə elə gəlir, insanlığın bütün elm tarixi bu cür örnəklərlə doludur. O vaxtlar insanlar valehedici dərəcədə yaradıcı olmağı bacarıblar. Çox kiçik müşahidələrdən olduqca böyük və önəmli nəticələrə gəlib çıxıblar. Hələ DNT-nin, onun necə replikasiya olunmasının kəşfini demirəm. Başdan ayağa incəsənətdir. Bu həmin DNT-dir ki, indi doğuşdan əvvəl və sonra istədiyimiz kimi dəyişdirə bilirik. O vaxtlar DNT-ni dəyişdirmək hələ təzə-təzə gəlirdi insanların ağına. Bu gün, nəinki genetik xəstəliklərin müalicəsi, hətta beynin plastikliyini belə bu metodla artırma bilirik. Yeni dillərin öyrənilməsi haqqında yazıya bax, deyir kritik dövrdən sonra ikinci dildə ana dilindəki kimi danışmaq mümkün deyil. Beyində erkən püxtələşməyə səbəb olan enzimlərin farmakoloji inhibisiyası ilə kritik dövrü istədiyimiz qədər uzadıırıq artıq, indi bir neçə dil-

də ana dili kimi danışmaq ən sadə şeyə dönür get-gedə. Toxunduqları digər mövzu, uçan üzvi birləşmələrin səbəb olduğu hava kirliliyi isə elektrikle işləyən maşınlarla keçiddən sonra sadəcə olaraq aktuallığını itirdi— bunu yəqin ki, yazarlar elə özləri də öz gözləri ilə sağ ikən görüblər.”

Satıcı oğlanın dedikləri məndə *déjà vu* hissini oyatdı, amma bəlkə də məktəb kurikulumunda öyrəndiyim şeylərin yenidən yadıma salmış ola biləcəyi üçün önəmsəmədim. Jurnalın güman ki, yer üzündə ən axırıncı nüsxəsini tapdığım üçün oradan sevincək ayrıldım . . .”

Sözün açığı, müxbirimizin bəzi ədəbi-poetik cümlələri bizi də təəccübləndirir, biz tanıyanda heç də belə uzun cümlələrlə danışan ya da günlük tutmağı sevən biri deyildi. Başqa bir müəmmalı məsələ isə, bizim hal-hazırda yazdığımız bu kiçik məqalənin ona gedib çatmamağıdır. Biz düşünürük ki, növbəti 200 il ərzində jurnalımızın ilk səhifələri (kim bilir bəlkə içindəki yazılar da) senzuraya uğradılmışdır. Ən azından bilirik ki, növbəti 200 il ərzində nə vaxtsa xəyali zaman səyahətinin mümkünlüyünü gizlətməyə çalışsan siyasi rejim iqtidarda olacaqdır. Odur ki, jurnalımızın çap edilmiş nüsxəsini alıb evinizdə saxlamağı sizə dönə-dönə tövsiyə edirik. Gələcəyimizi dəyişmək öz əlimizdədir.

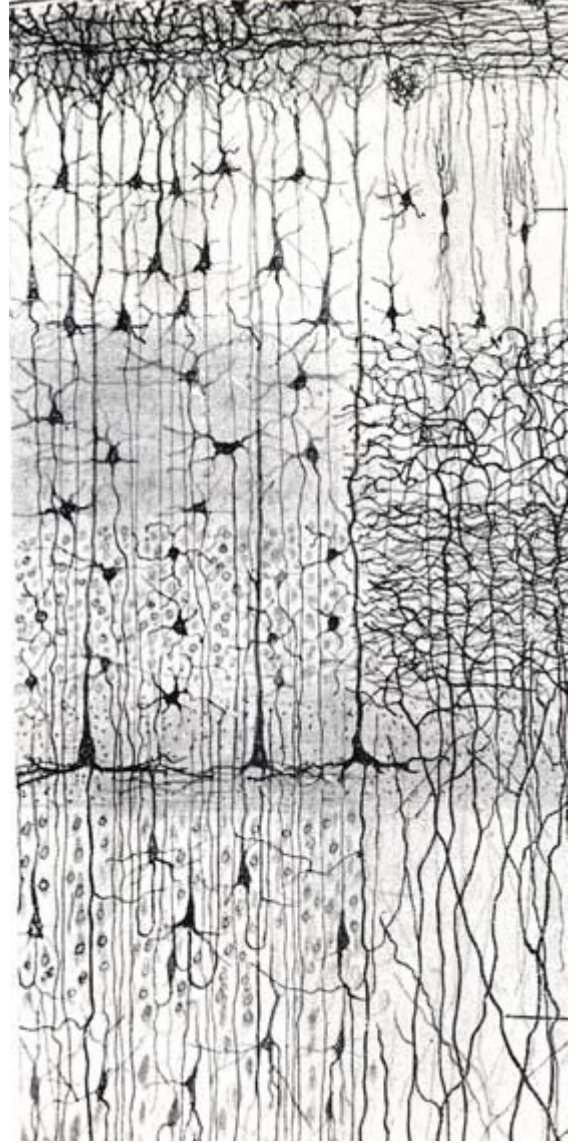
TÖHFƏ VERƏNLƏR

SÜNİ BEYİNLƏR

Rəşad Yusifov

19-cu əsrin ortalarından bəri elm adamları bədənimizin geri qalanını idarə edən yağlı ət parçası olan beynin nədən ibarət olduğunu, necə qurulduğunu öyrənməyə çalışıblar. İspan neyroanatom Santiago Ramón y Cajal (az. Santyaqo Ramon-i-Kaxal) ilk dəfə beynin müxtəlif növ neyronlardan ibarət olduğunu müşahidə edə bilmiş və beləcə müasir neyroelmin binəsini atmışdır (Şəkil 1.).

20-ci əsrin ortalarında isə Alan Lloyd Hodgkin, Andrew Fielding Huxley və digərləri tərəfindən artıq neyronların elektro-fizioloji xüsusiyyətləri kəşf olunmuş və beyndəki neyronların elektro-kimyəvi siqnalların ötürürərək işlədiyi əyani olaraq sübut edilmişdi. Neyroelm sahəsində son 50 ildə çox uzun yol qət edilsə də, bu sahənin araşdırdığı ən böyük suallar—şüurun, zəkənin necə ortaya çıxdığı—hələ də aydın deyil. Bu sualları aydınlaşdırmaq üçün isə elm adamları beyin haqqında hələ daha çox bilməli olduğumuzu deyirlər. “Daha çox bilmək” dedikdə beynin hər zərrəsini öyrənmək, hətta onu yenidən qura bilmək nəzərdə tutulur ki, bir çoxları da məhz bu yolda işləməyə sövq olunmuşdur. İlk dəfə beyni sıfırdan qurmaq fikri Alan Turing’in ağına gəlmişdir, o da “mən beyni quracam” deyib ilk kompüterləri ərsəyə gətirmişdir. Ondan sonra “beyni qurmaq” üçün bir neçə cəhd olmuş, amma son illərin ən sensasiyalı fikirləri İsveçrədə yerləşən École Polytechnique Fédérale de Lausanne’ın (EPFL) neyroelm professoru Henry Markram (Şəkil 2.) tərəfindən ortaya atılmışdır. (Bu arada, yaxşı ki, Markram əslən isveçrəli elm adamı deyil, yoxsa məqalənin adını “İsveçrəli elm adamları insan beynini yenidən qururlar” qoya bilərdim.)



Şəkil 1. Cajal’ın əl ilə çəkdiyi neyronlar. (Mənbə: Cervantes Virtual Mərkəzi)



Şəkil 2. Henry Markram. EPFL'də neyroelm professoru, Blue Brain və Human Brain layihələrinin banisi.

2006-cı ildə *Nature Reviews Neuroscience* jurnalının fevral sayında, Henry Markram siçovul beyninin kiçik bir hissəsinin kompüter simulyasını qurmaq planlarını və proyektin texnoloji olaraq mümkünlüyü barədə məqaləsini yayınladı (1). Henry Markram bu məqalə ilə neyroelm qövmünü inandırmağa çalışırdı ki, nəhayət beyni hüceyrə-bə-hüceyrə öyrənməyə başlamağın vaxtı çatmışdır. Markram'ın əminliklə belə bir təşəbbüsü irəli sürə bilməsinə səbəb isə onun laboratoriyasının aid olduğu EPFL'in International Business Machines (IBM) şirkəti ilə qurduğu əməkdaşlıq idi. IBM'in 2004-cü ildə ərsəyə gətirdiyi Blue Gene superkompüterləri daha sürətli hesablama və prosesinq imkanları hesabına məməli beyninin daha detallı öyrənilməsinə imkan verirdi. EPFL ilə anlaşmaya əsasən, IBM həmin komptüterlərdən 4 ədədini beyin tədqiqatları və beyin kompüter simulyası üçün EPFL-də quraşdırmışdı. Kompüterin adına uyğun olaraq da Markram'ın başlatdığı layihənin adı Blue Brain layihəsi adlanırdı. Bu layihənin günün birində cavab vermək istədiyi sual isə bu idi: insan beyninin rəqəmsal simulyasını edən alqoritm hər hansısa zəkayavə şüura gətirib çıxara bilərmi?

IBM şirkəti Blue Gene'dən əvvəl, hələ 1997-ci ildə Deep Blue kompüterini ərsəyə gətirmişdi ki, bu kompüter məşhur şahmatçı Kasparovu şah-

matda orta hesabla məğlub edə bilmişdi. Bu qədər kompleks bir tapşırıqda süni intellektin insanı məğlub edə bilməsi həmin dövr üçün böyük sensasiya idi. Bu, o demək idi ki, yetəri qədər fərqli şərti nəzərə ala biləcək alqoritmlər vasitəsilə nə vaxtsa hətta insan şüurunu da təqlid etmək mümkün ola bilər. Lakin, Deep Blue kompüterini həmin oyunda Kasparovu sırf hesablama sürətinin hesabına məğlub etmişdi. Deep Blue kompüterinin proqramında şahmat oyunu üçün hər hansı situasiyada mümkün olan gedişlər, indiyə kimi qalib gələn oyunların açılışları, sonluqları və s. kimi məlumatlar kodlaşdırılmışdı. Hər gedişdən əvvəl bir neçə saniyə ərzində kompüter bütün mümkün ehtimalları gözdən keçirir və ən yaxşı nəticə verəcək olan gedişi seçirdi. Bu, isə insan intellektindən keyfiyyət olaraq çox fərqlidir. İnsan qərar verərkən sistemdə var olan məlumatı incələyib hansının daha yaxşı olduğuna baxaraq deyil, maye intellekt (*ing. fluid intelligence*) vasitəsilə— yəni, mühakimə yürüdərək qərar verir və bu proses vaxt alır. İnsan beyninin abstraktlaşdırma qabiliyyəti ona imkan verir ki, fiqurları kompüter kimi ayrı-ayrılıqda yox, onların qarşılıqlı əlaqələrini bütövlükdə analiz edə bilsin.

İnsan intellektini təqlid edə biləcək alqoritmlər üçün daha güclü kompüterə ehtiyac var idi və bunun üçün də IBM növbəti illərdə Blue Gene kompüterini (Şəkil 3.) düzəltdi. Bu kompüter vasitəsilə beyin neyronal quruluşu əsasında yaradılacaq alqoritm istifadəyə verilə bilər və həmin alqoritm keyfiyyət baxımından insan intellektinə oxşar fəaliyyət sərgiləyə bilərdi. Lakin, 2006-cı ildə, ilkin hədəf, əvvəl dediyim kimi, siçovul beyninin kiçik bir hissəsini simulyasiya etmək idi.



Şəkil 3. IBM şirkətinə məxsus Blue Gene kompüterləri.

Bundan 3 il sonra, 2009-cu ildə, Avropa Komissiyasının “Gələcək və İnkişafda Olan Texnologiyalar proqramı” (*ing. Future and Emerging Technologies programme*) elmdə çevriliş edəcək iki böyük layihəni on il müddətinə 1 milyard euro ilə dəstəkləyəcəyini və bunun üçün layihə təklifləri qəbul edəcəyini elan etdi. Həmin dönmə, Henry Markram Blue Brain layihəsinin hələ ilkin mərhələsində idi. Avropa Birliyinin elan etdiyi bu müsabiqəyə özünün əsl qayəsi olan Blue Brain layihəsinin daha da böyük miqyaslı versiyasını — Human Brain layihəsinə təklif etdi. Bu layihə neyroelm aləmində elə o vaxtdan bir çox suallar doğursa belə, nəhayət 2013-cü ildə, Avropa Birliyi 10 il müddətinə Human Brain layihəsi üçün 1 milyard euro verəcəyini bəyan etdi və həmin ilin oktyabrından etibarən Markram və əməkdaşları elədiyi 150 digər tədqiqatçı layihənin ilkin mərhələsinə başladılar. Lakin, ilk hədəfi insan beynini öyrənmək olan və əsasən neyroelm yönümlü olan bu layihə tezliklə istiqamətini dəyişdi və insan beynini neyronal quruluşuna əsaslanaraq verilənlər bazası menecmenti edəcək alqoritminin hazırlanmasına döndü. Markram quracağı alqoritmin gələcəkdə böyük həcmli datanın analiz olunması üçün istifadə etmək istəyirdi ki, işə cəlb olunan bir xeyli neyrobioloq bundan məmnun deyildi (2).

Human Brain layihəsindən əlavə, okeanın o tayında bir də BRAIN təşəbbüsü var ki, bu da Avropanın Human Brain layihəsindən bir az sonra ABŞ prezidenti Barack Obama tərəfindən təklif edilmişdir (3). Hər iki layihənin ortaq nöqtəsi beyin haqqında daha çox məlumat toplamaq olsa da, layihənin amerikalı versiyası Avropadakından fərqli olaraq bir çox mərkəzdən idarə olunacaq. Yəni, layihə Markram kimi bir nəfərin fikirləri üzərinə qurulmuş olmayacaq. Prezident Obama bu təşəbbüsü ilk dəfə elan edəndə, olduqca qeyri-müəyyən səslənən “beynin daha yaxşı öyrənilməsi üçün neyrotexnologiyaların təkmilləşdirməsi” yönündə olacağını bəyan etmişdi. Bu qeyri-dəqiqlik halında, layihəyə ortaq bir qayə seçmə məsələsində xeyli düşünüən amerikalı elm adamları beyni tədqiq etmək üçün təşəbbüsü bir neçə səmtə parçalamaq qərarına gəldilər və bunların içində beynin fəaliyyət xəritəsi (*ing. brain activity map*), fərqli beyin konnektomu, yəni, ərazilərin əlaqəliliyi (*ing. brain connectome*) və s. kimi daha spesifik layihələr var. Təşəbbüsün belə kiçik hissələrə bölünməyindən də göründüyü kimi, məqsəd beyni simulyasiya etmək yox, onun haqqında daha çox öyrənmək və bu prosesi sürətləndirmək üçün yeni metodlar ərsəyə gətirməkdir. Hədəf isə, əhali get-gedə qocaldığından daha da çox geniş vüsət almağa başlayan nevroloji və psixiatrik xəstəliklərə tezliklə çarə tapa bilməkdir. Dövlət səviyyəsində bu layihənin dəstəklənməsinin əsas məqsədi ABŞ-1 günün birində bu sahədə lider dövlətə çevirməkdir.

BRAIN təşəbbüsü çərçivəsində əldə olunan məlumatların sonradan bir araya necə gətiriləcəyi hələ bir az müəmmal qalsa da, Human Brain layihəsi ilə müqayisədə amerikalı layihənin idarə olunması daha effektivdir, daha çox neyroelm tədqiqatçısının əməyi və fikrinə əsaslanır. Lakin hər iki layihənin gələcəyinin çox müəmmal olmasından və tamamlanması üçün bundan sonra hələ xeyli iş görülməli olduğuna görə bu layihələr

barədə daha da çox dərinə getməyəcəyəm. Ondan-sa, nisbətən kiçik layihə olan və ilkin versiyası bu yaxınlarda tamamlanmış olan Blue Brain layihə-sinə nəzər salacağıq.

Blue Brain layihəsinin birinci fazasında siçovul beynində somatik hissiyat (toxunuş, temperatur və s.) korteksinin (*ing. somatosensory cortex*) kiçik bir hissəsi kompüterdə qurulacaqdı. Bunun üçün isə Markram laboratoriyası bir neçə neyronu, neyronlardakı müxtəlif iyon kanallarının miqdarını və neyronların arasındakı sinaptik əlaqələri eyni anda izləyə biləcək elektrofizioloji metodlar ərsəyə gətirmişdilər (SuperRəşad MQ №1). Bu metodlarla onlar hissiyat korteksində minlərlə neyronun elektrik potensialını ölçə, onlardakı elektrik kanallarını xarakterizə eləmişdirlər.

(Bundan sonra yazının ortasında qəliz, amma maraqlı şeylərlə rastlaşdıqda həmin mövhümü bizlərə izah etsin deyə SuperRəşada müraciət edəcə-yik. İndi də, elektrofiziologiya barədə daha ətraflı məlumatlanmaq üçün SuperRəşad köməyimizə yetəcək.)

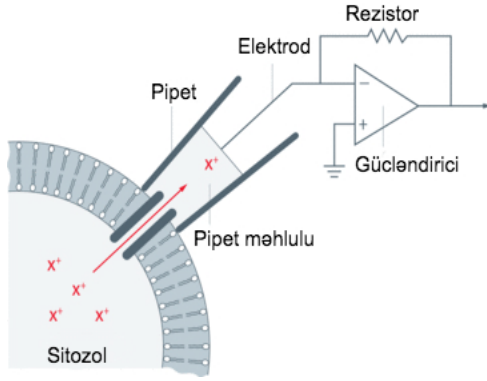
Sonradan elektron mikroskopu ilə həmin neyronların anatomik quruluşları analiz olunacaq və üç ölçülü (3D) formatda kompüterdə yenidən qurulacaqdı. 3D anatomik quruluşa daha əvvəl sadaladığım elektrofizioloji məlumatları da əlavə etdikdə beynin neyronal quruluşu (yardımçı qليا hüceyrələri və damarlanmanı ehtiva etmədən) əldə ediləcəkdı. Kompüterdə yenidən qurulacaq, ya da rekonstruksiya ediləcək beyin hissəsi isə layihənin adına uyğun olaraq Blue Column (*az. mavi sütun*) adlandırılmışdır. Blue Column təxminən 20 - 35 min neyrona sahib, 0.5 mm diametr və 1.5 mm hündürlükdə silindrşəkilli beyin hissəsi olacaqdı.

SuperRəşad Məlumat Qutusu

Elektrofiziologiya: Patch clamp

Hüceyrələrin səthində ion (elektrik yüklü bir-ləşmələr) axımına və dolayısıyla hüceyrədə elekt-rik potensialının dəyişməsinə səbəb olan xüsusi ion kanalları var. Patch clamp metodu istifadəsin-dən asılı olaraq hüceyrədə elektrik potensialını və yaxud da elektrik axımını sabit saxlamağa imkan verir. Bu isə öz növbəsində, hüceyrədə bir və ya bir neçə ion kanalının səbəb olduğu ion axımını öy-rənmək, həmin kanalları xarakterizə etmək üçün işə yarayır. İndi isə qısaca bunun necə baş tutduğuna baxaq. Patch clamp üçün, içi məhlul dolu şüşə mikropipet hüceyrənin səthinə yerləşdirilir (Şəkil SRMQ1.). Mikropipetin içindəki məhlulda hüceyr-ə üçün gərəkli ionlar, həm də müsbət yüklü gü-müş iyonları (Ag^+) və gümüş tel olur. Misal üçün, hüceyrənin səthindəki kanallar açılıb hüceyrənin içinə müsbət yüklü ionlar (məsələn Na^+) hərəkət etdikdə mikropipetin içindəki məhlulda müsbət yük sayı azalır. Bunu kompensasiya etmək üçün gümüş teldən müsbət yüklü Ag^+ ionları ayrılır və məhlula qarışır. İon miqdarındakı bu ani dəyişik-liklər gümüş teldə elektrik axımına səbəb olur. Xü-susi gücləndirici vasitəsilə həmin pikoamper (10^{-12} A) miqyasındakı elektrik axımları gücləndirilir və analiz edilə bilən siqnala çevrilir. Nəticə etibarilə, tədqiqatçı elektrik axımındakı bu dəyişiklikləri izləyərək, hüceyrə səthindəki kanalları müşahidə edə bilər.

Nümunə üçün, Şəkil SRMQ2-də hüceyrənin vol-tajına edilən dəyişikliklə Na^+ kanalında olan elekt-rik axımının necə dəyişdiyini göstərilmişdir. Müsbət potensialda hüceyrə səthindəki Na^+ kanalı açılır, Na^+ hüceyrənin içinə daxil olur və biz bunu elekt-rik axımı qrafikində içəri doğru olan müsbət axım olaraq görürük. Bu metod, 80-ci illərin əvvəlində Almanyanın Göttingen Universitetində Erwin

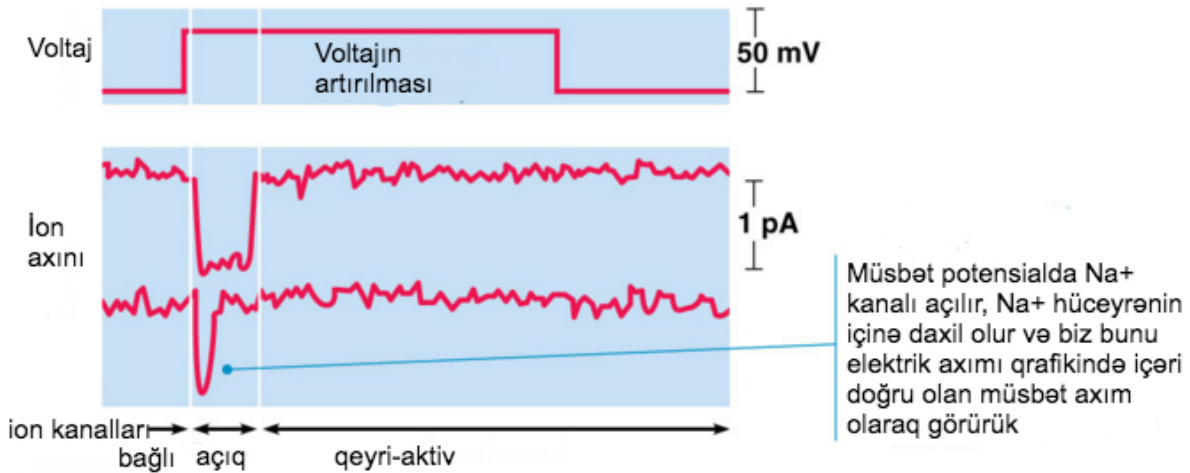


Şəkil SRMQ1. Patch clamp metodunun bəsit diaqramı (Leica Microsystems)

Neher və Bert Sakmann tərəfindən yaradılmış və hər ikisinə 1991-ci ildə Nobel mükafatı qazandırmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, Henry Markram xeyli müddət Bert Sakmann'ın Heidelberg'dəki laboratoriyasında işləmiş və patch clamp metodunu inkişaf elətdirərək iki və daha artıq hüceyrənin bu metodla eyni anda müşahidə olunması praktikasını ərsəyə gətirmişdir.

Blue Brain layihəsinin ilkin mərhələsinin nəticələri *Cell* jurnalında 2015-ci ilin oktyabr ayında dərc edildi (4). Bu məqalə siçovul beyninin 0.29 mm^3 həcmli və $\sim 31,000$ neyrondan ibarət çox cüzi bir hissəsinin kompüterdə rekonstruksiya olunma prosesini mərhələli şəkildə təsvir edir. Bütöv siçovul beyninin təxminən $1,200 \text{ mm}^3$ olduğunu nəzərə alsaq, rekonstruksiya 9 il çəkən çox kiçik həcmli beyin parçası Human Brain layihəsinin nə qədər uğurlu ola biləcəyi haqda məndə şübhələr oyadır. Lakin, beyin kiçik də olsa bir hissəsinin kompüterdə simulyası maraqlıdır və gəlin bu prosesin mərhələlərinə nəzər salaq. Markram və digərləri *Cell* jurnalında dərc olunan məqalədə 5 mərhələli rekonstruksiya prosesini olduqca detallı təsvir edirlər. Mən burada həmin mərhələlərin sadəcə nədən ibarət olduğunu sadalayacağam.

Birinci mərhələdə, beyin parçasını əmələ gətirən hüceyrə toplusunun morfoloqiyası analiz olunur. Bunun üçün korteksin hər qatına aid yüzrlə neyronun morfoloqiyası elektron mikroskopundan



Şəkil SRMQ2. Patch clamp ilə iyon axınlarının öyrənilməsi. (mənbə: Memorial Universiteti)

əldə edilən data əsasında xüsusi proqram vasitəsilə kompüterdə rekonstruksiya olunur. Korteksin hər qatının özünəməxsus neyron növləri var və analiz olunan neyronların morfoloji sinifləndirməsi aparılır. Qeyd etmək vacibdir ki, 31 min neyronluq beyin parçasının yenidən qurulmasında heç də hər bir neyron elektron mikroskopu ilə görüntülənməyib. Kiçik bir neyron populyasiyası analiz olunur və həmin analiz əsasında kompüter alqoritmləri 31,000 neyronluq model qurur. Məqaləyə əsasən korteksdə toplam 55 növ fərqli morfolojiyada neyron aşkarlanıb. İkinci mərhələdə, həmin alqoritm bütün morfoloji növlərin korteksin fərqli qatlarındakı sıxlığını, hansı digər morfoloji neyron növləri ilə əlaqədə olduğunu statistik olaraq nəzərə alır və analiz olunan təxmini 2,000 neyron əsasında daha böyük modeli qurur. Lakin, həmin modeldə hələki ancaq neyronlar fərqli korteks qatlarına yerləşdirilmiş haldadırlar və onların bir-biriləri ilə hansı nöqtədə əlaqədə olduqları bilinmir. Neyronları bir-birininə calamaq üçün yenə də analiz olunan kiçik sayıda neyrona müraciət olunur. Neyron növlərin öz aralarında hansı nöqtələrdə əlaqə qurmaq ehtimallarının daha çox olduğu müşahidə olunur. Neyronların əlaqə qurduğu yerlər həm elektrofizoloji olaraq, həm elektron mikroskopu ilə təsdiqlənir. Əldə olunan sinaptik əlaqəlilik “qaydalarına” əsasən, üçüncü mərhələdə alqoritm korteksə düzülmiş neyronları bir-birilə əlaqələndirməyə başlayır. Bu mərhələdən sonra artıq, bütün neyronlar statistik olaraq beyində olduğuna bənzər şəkildə əlaqəlidlər. Lakin, neyronların təsnifatı heç də sadəcə onların fərqli morfolojiyalarından ibarət deyil. Neyronlar həm də hərəkət potensialı dinamikalarına görə fərqlənirlər. (Hərəkət potensialı barədə ətraflı məlumatlanmaq üçün jurnalın ikinci sayında Ərtoğrul Alışbəylinin “Neyronların dili” yazısına baxa bilərsiniz (5).) Oxşar morfolojiyaya sahib iki neyronun fərqli aktivləşmə ritmi ola bilər ki, bu da neyronların elektro-morfoloji təsnifatını vacib qılır. Dördüncü mərhələdə, alqoritm

hər bir neyronun hansı ritmə uyğun aktivləşməli olduğu kodlaşdırılır. Axırncı, beşinci mərhələdə, isə neyronların əlaqə qurduğu nöqtələrdə sinapsların növləri qeyd olunur. Heç də hər sinaps növbəti neyronu aktivləşdirmək funksiyası daşımır. Sinapsın funksiyası neyronun sinaptik boşluğa hansı neyromodulyatoru¹ ifraz etməsi və bu siqnalı qəbul edən neyronun hüceyrə membranında (post-sinaptik quruluş) yerləşən ion kanallarından asılıdır. Ümumi götürəndə, korteksdə “aktivləşdirici”² neyromodulyator asetilxolin (AX, *ing. acetylcholine*), inhibisiya neyromodulyatoru isə qamma-aminobutirik turşudur (QABT, *ing. gamma-aminobutyric acid*). Bundan əlavə, sinapslar güclərinə görə fərqlənirlər. Siqnalı göndərən neyron eyni sinapsda bir və ya bir neçə neyrona neyromodulyator çatdırıla bilər. Bu parametrləri elektrofizoloji metodlarla öyrənmək mümkündür, lakin bir neçə neyronun siqnal ötürmə dinamikasını eyni anda “izləmək” gərəkdir bunun üçün. Minlərlə fərqli elektrik və morfoloji fərqlilikləri olan neyronların arasındakı sinapsların da növləri qurulan korteks modelinə əlavə olunan sonra Markramın kiçik modeli tamamlanmış olur.

Bəs, milyonlarla maddi vəsait, bir neçə laboratoriya və onlarla insanın üzərində işlədiyi bu model nəyə yaradı? *Cell* jurnalındakı məqalədə Markram və digərləri əvvəllər canlı heyvanların və ya beyin dilimlərin üzərində aparılan təcrübələri simulyasiya etdikləri beyin parçasında təqlid etməyə çalışıblar (4). İlk olaraq, rekonstruksiya edilmiş neyronlardakı spontan aktivlik əvvəlki müşahidələrlə üst-üstə düşüb. Onların nəticələrinə əsasən beynin rəqəmsal simulyasiyası üzərində aparılan əvvəlki

1 Neyromodulyator— bir neyrondan digərinə siqnal ötürülməsi üçün sinapsda ifraz edilən maddədir.

2 Aktivləşmə siqnalı qəbul edən neyronda hərəkət potensialı miqdarının statistik olaraq artmasına, inhibisiya isə bunun əksinə deyilir.

eksperimentlərdən alınan nəticələri təsdiqləyir. Simulyasiya üzərində aparılmış ilk həqiqi eksperimentdə siçovulların bığları ilə hissetməsində iki fərqli nöqtədə toxunuşu bir birindən necə ayırd olunduğu neyronal səviyyədə öyrənməyə çalışıblar və məlum olub ki, qonşu neyronlar 0.150 mm-ə qədər aralıqda olan toxunuşları iki fərqli toxunuş kimi ayırd edə bilirlər. Rekonstruksiya edilmiş korteks parçası elmi məqsədlə istifadə olunması üçün hamıya açıqdır və tədqiqatçılar öz eksperimentlərini dizayn edə bilirlər (<https://bbp.epfl.ch/nmc-portal/welcome>).

Bu nəticələrə baxmayaraq, bir çox tədqiqatçılar Blue Brain və Human Brain layihələrini tənqid edirlər. Tənqidin əsas elementi olaraq isə bu layihələrin üzv çıxara biləcəyi elmi məqamların çox sadə olması və həmin nəticələr üçün bu qədər kompüter gücü, enerji və maddi resurs tələb edən qəliz eksperimental metoda ehtiyac olmaması göstərilir. Məsələn, Blue Brain layihəsinin ilkin nəticələrinin açıqlanmasından daha əvvəl, 2012-ci ildə Kanadanın Waterloo Universitetində Chris Eliasmith 2.5 milyon virtual neyrona sahib Spaun adlandırdığı beyin alqoritmini ərsəyə gətirmişdir (6). Spaun 8 fərqli çox bəsit məntiq tələb edən tapşırığın öhdəsindən gələ bilir. Məsələn, ekranda Spaun'a sıra ilə 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 göstərilir, daha sonra 3, 4 və “?” gəldiyində, Spaun fiziki olaraq yazmağı bacaran qolu ilə qarşısındakı platformaya 5 rəqəmini yazır. Başqa bir tapşırıqda isə, Spaun ona göstərilən rəqəmlərini sırasını yadda saxlayır və sual işarəsi gördükdə həmin sıranı yazmağa başlayır. Spaun modelinin anamotik arxitekturası (Şəkil. 4) elmi ədəbiyyatda mövcud olan beyin anatomiyası haqqında bilgilərə dayanır. Bu modeldə beynin ən bəsit və fundamental neyronal qrupları rekonstruksiya edilmişdir.

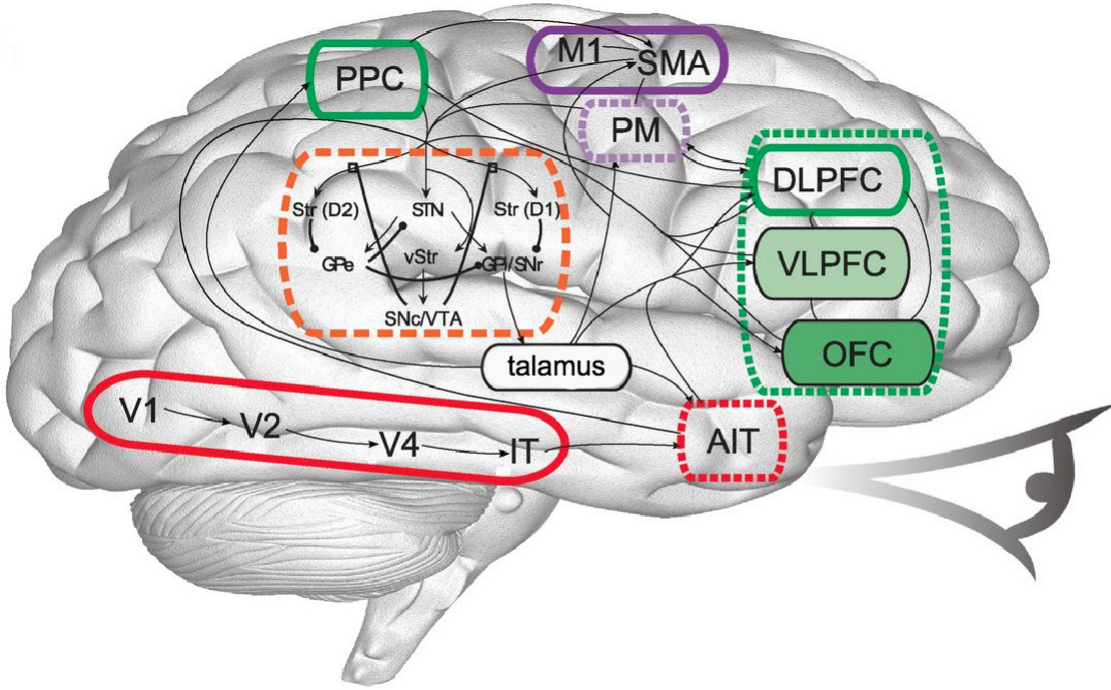
Görmə sistemindəki iyerarxik neyronal quruluş, ekrandan aldığı məlumatı müəyyən hərəkət

potensialı ritminə (ing. *pattern*) çevirir. Daha sonra, bu hərəkət potensialları ön beyin strukturlarında emal edilir, yaxud da işlək yaddaşda (ing. *working memory*) saxlanılır. Nəhayət, hesablamaların nəticəsində hər hansı qərar alındıqda hərəkət korteks alınan qərara uyğun fiziki qolu hərəkət etdirərək nəticəni yazır. Maraqlısı odur ki, Spaun'un yuxarıdakı tipdə məntiq testlərində göstərdiyi uğur faizi (88%) ortalama insanların göstərdiyi nəticə (89%) ilə çox oxşardır. Spaun modelinin ən böyük uğuru isə heç də bu məntiq testlərini həll etməkdə deyil; hər bir tapşırığı ayrılıqda həll edəcək model düzəltmək əlbəttə çox bəsit olardı. Burada önəmli olan məsələ, insan beyninin ən fundamental hissələrinin³ simulyasiyasının artıq müəyyən tapşırıqları həll edə bilməsidir. Daha bir vacib məqam isə, eyni arxitekturanın 8 fərqli tapşırığı yerinə yetirə bilməsidir. Yəni, Spaun modelinin qarşısına çıxan tapşırığın nə olduğunu “anlamaq” və onu həll etmək bacarığı var. Bu isə artıq kodlaşdırılmış tapşırıq yerinə yetirmə funksiyası yox, ilkin intellekt formasının əmələ gəlməsindən xəbər verir.

Bu və digər metodoloji baxımdan daha bəsit amma beynin işləyişi haqqında bizə nələrisə öyrədə biləcək layihələrin fonunda, Human Brain layihəsi neyroelm icmasında böyük fikir ayrılıqları yaradıb (7). Markramın ideyasını dəstəkləyən Eric Kandel, Rafael Yuste, Christof Koch və s. bir çox nüfuzlu neyroelm adamları və təbii ki, layihəni maddi olaraq dəstəkləyən Avropa siyasətçiləri olsa da (8), böyük bir qisim də Human Brain layihəsinin uğursuzluqla nəticələnməyini ön görürlər. Uğursuzluq dedikdə isə nəticənin gözləntinin çox-çox altında olacağı düşünülür.

Mənim fikrimi öyrənmək istəsəniz deyərdim ki, əslində, beyni simulyasiya ideyası özü-özlüyündə çox xoşuma gəlir, buna görə də bu yazını yazmaq

3 Alqoritmin müəyyən bəsit funksiyalara sahib ola bilməsi üçün heç də bütöv beynin simulyasiyasına ehtiyac yoxdur.



Şəkil 4. Spaun algoritmi beynin neyronal şəbəkəsini anatomik bilgilərə əsasən təqlid edir. [(mənbə: (6)]

qərarına gəlmişəm. Lakin, təəssüf ki, beyni olduğu kimi detallı qurmaq qeyri-mümkündür. Blue Brain layihəsi heç də hər neyronu elektron miskropu ilə incələyib onun hansı digər neyronlara bağlı olduğuna baxa bilməyib. Onlar sadəcə mümkün olan kiçik bir populyasiyanı analiz edib statistik olaraq real beynə yaxın bir strukturun modelini qurublar. Ümumiyyətlə, elektron mikroskopu dərslərimdə mənə verilən məlumata əsasən, indiyə qədər elektron mikroskopiyası ilə analiz olunan bioloji nümunələrin həcmi heç 1 mL belə deyil. Yəni, insan beyninin qəlizliyi bir yana, həcmi də indiyə qədər analiz olunmuş toxumalarla eyni miqyasda deyil. Lakin, hər nə qədər çətin olsa da bütöv beyni yenidən qurmaq ona görə maraqlıdır ki, bu, bizə şüur, intellekt və s. digər bioloji baxımdan başa düşmədiyimiz mövhumların beyində necə əmələ gəldiyini açıqlaya bilər. Bundan əlavə, inanıram

ki, simulyasiya edilmiş beynin şüura sahib ola bilməsi üçün beynin eynisi olması şərtidir. Yəni, kiçik bir neyron qrupunu analiz edib, müxtəlif statistika “oyunları” ilə beyni qurmağı heç də beynin realistik modeli hesab etmirəm. Təbii ki, tamamlandıqı təqdirdə, müəyyən nisbətən bəsit orqanizasiyası olan beyni strukturlarının öyrənilməsində vacib açılımlar edəcək bu layihə. Həmin məlumatların öyrənilməsi üçün isə 1 milyardlıq maddi vəsait və ən əsası 20 il müddətinə davam edən enerji sərfinin nə qədər doğru olduğuna isə əmin deyiləm.

Mənbələr

1. Markram, H. (2006). The blue brain project. *Nature Reviews. Neuroscience*, 7(2), 153–160.
2. Theil, S. (2015). Trouble in Mind. *Sci Am*, 313(4), 36-42.
3. Shen, H. (2013). Neurotechnology: BRAIN storm. *Nature*, 503(7474), 26-28.
4. Markram, H., Muller, E., Ramaswamy, S., Reimann, M. W., Abdellah, M., Sanchez, C. A., ... Schürmann, F. (2015). Reconstruction and Simulation of Neocortical Microcircuitry. *Cell*, 163(2), 456–492.
5. Alışbəyli, Ə. (2016). Neyronların dili. *Elmi Spekr (1)* 2, 15-21.
6. Stewart, T. C., Choo, F.-X., & Eliasmith, C. (2012). Spaun: A Perception-Cognition-Action Model Using Spiking Neurons. *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci 2012)*, 1018–1023.
7. Giles, J. (2005). Blue Brain boots up to mixed response. *Nature*, 435(7043), 720–721.
8. Kandel, E. R., Markram, H., Matthews, P. M., Yuste, R., & Koch, C. (2013). Neuroscience thinks big (and collaboratively). *Nature Reviews. Neuroscience*, 14(9), 659–64.

ŞÜÜR VƏ ONUN TƏKAMÜLÜ

Tural Alekberli

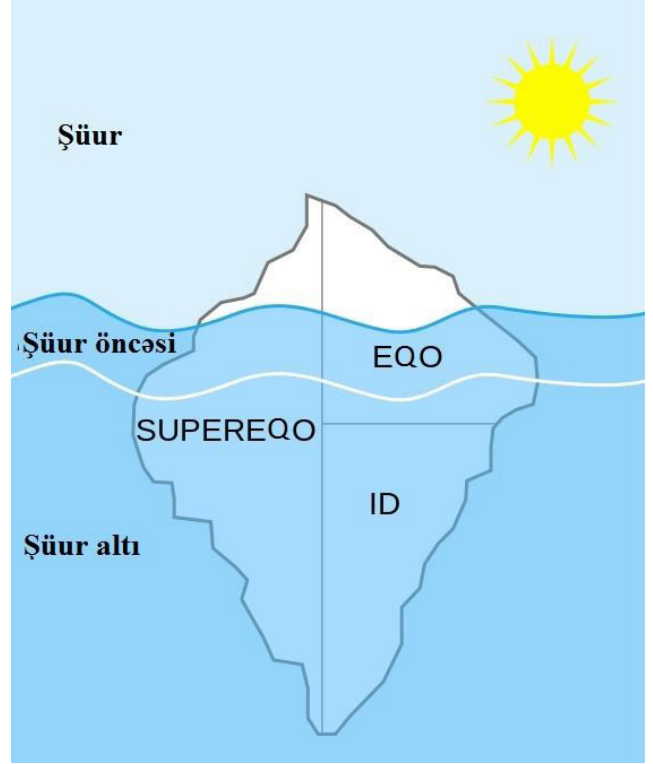
İnsanın özünə, yaşayışına, ətrafına, digər şəxslərə, bir bütün olaraq içində yaşadığı dünyaya bağlı fərqiindəliyi, yaşanan təcrübələrdən yaranan özünün fərqiində olma (ing: self-consciousness) hissinə qısaca şüür demək mümkündür. İnsan davranışlarının təməli şüür ilə birbaşa bağlıdır. Amma onu da qeyd etmək lazımdır ki, insan davranışlarının hamısını şüür idarə etmir, burada psixoanalizin banisi Sigmund Freud'un sturuktural modelinə nəzər yetirsək, məncə, yerinə düşərdi. Freud'un, psixik aparatın 3 əsas hissəsi adlandırdığı id, eqo və supereqo əslində tam da şüür, şüür öncəsi və şüüraltı adlandırdığımız hissələrin birləşməsi ilə əmələ gəlir (1).

İd- qısaca desək, hər bir insanda doğuşdan var olan instinktləri, yəni, yemək, hər hansı həzz verici bir şeyi arzulamaq, cinsi istəklər kimi bir çox təməl instinktiv hissi ifadə edir və şüüraltının bir hissəsi hesab edilir.

Eqo- qısaca desək, hal hazırkı reallığı, icra olunan hərəkətləri, verilən qərarları ifadə edir və şüür öncəsinin bir hissəsi hesab edilir.

Supereqo-isə qısaca bütün qanunları, insanın həyatındaki vacib prinsipləri, yaşadığı ölkənin konstitusiyasını, inandığı dinin qanunlarını, ailəsinin ənənələrini, yaşadığı mühitin ənənələrini ifadə edir və şüüraltının bir hissəsi hesab edilir (2).

Freud'un bu strukturuna görə, insan çox vaxt id ilə arzularını və supereqo ilə bu arzularına qarşı çıxmağa çalışır; nəticədə, ortaqlıq tapan eqo ilə bir hərəkət icra edir.



Bu buzdağı bənzətməsi bir çox elmi məqalədə Freud strukturunun izahı üçün istifadə edilmişdir.

Bu savaşı isə çox vaxt şüüraltında meydana gəldiyi üçün insan sadəcə hərəkəti icra edir və bu, onda sadəcə baş ağrısı və ya təşviş (ing. *anxiety*) olaraq bürüzə verir. Məsələn, bəzi insanlar yanlarından keçən bir xanımın qısa ətəyinə diqqətlə baxır, bəziləri isə yox. Bunu qeyd etdiyimiz struktura görə izah etməyə çalışsaq, baxmayan şəxsin instinktlərinə qarşı dirənən hansısa şüüraltı qanunlarının üstün gəldiyini, həmçinin, digər şəxsin isə instinktlərinin üstün gəldiyini deyə bilərik. Əslində, hər sadə hərəkətinin arxasında bu id-supergo savaşı dayanan insanların xarakteri də böyük ölçüdə bununla müəyyənləşir. Ailənin sosio-psixoloji vəziyyəti, yetişdirilmə tərzi, inacları və ənənələri, böyüdüüyü mühit və o mühitin qanunları, məktəb

dövrü və bir çox amillər uşaqlarımızın xarakterinin və hərəkətlərinin formalaşmasında, məhz bu səbəblərlə, böyük rol oynayır.

Həyatımız üçün bu qədər dəyərli bir mövzunu araşdırmaq və daha da dərinlən anlamağa çalışmaq uzun illərdir elm adamlarının diqqətindədir. Şüuru araşdırarkən qarşımıza çıxan ilk sual isə onun mexanizmidir ki, bu da onu araşdırana arasında fərqli fikirlərin meydana gəlməsinə səbəb olub.

Gottfried Wilhelm Leibniz Monadologiya və Fəlsəfənin Əsasları (*ing. Monadology and other Philosophical Essays*) adlı kitabında verdiyi bir misal ilə şüurun sadələşdirilə bilməyəcəyini və bir bütün olaraq araşdırılmalı olan bir mövzu olduğunu bu ifadələrlə dilə gətirib- “Düşünən və şüuru olan bir robot düzəltdiyimizi fərz edək və bu robotu o qədər böyük düzəltdiyimizi düşünək ki, içində rahatlıqla gəzinə bilək (3). Bu halda, biz sadəcə bir birini hərəkətə gətirən dəmir parçalarını, təməl maddələri görəəcəyik və bu maddələrin necə düşündüyünü anlama bilməyəcəyik. Bu isə o deməkdir ki, şüuru nə robotda nə də dəmir hissəciklərində axtarmamalıyıq”

Bu sadələşdirilməzlik teoriyası mənim düşüncəmə görə şüurun qapısını neyroelmə (neuro science) də, təkamülə də bağlayır. Şüurun qapısı neyroelmə ona görə bağlanır ki, özü maddi bir təbiətin parçası olan neyronlardan maddədən üstün birşeyin yaranmasını iddia etmək mənasız olar. Təkamülə isə, ona görə bağlanır ki, bu cür sadələşdirilməyən qavramın növün həyatını və soyunu davam etdirməsinə yararlarını araşdırma bilmərik.

Bu çıxılmazlıqda düşünərkən, köməyimizə Churchland'ın Neyrobiologiya Bizə Şüur Barədə Nəse Öyrədə Bilərmə (*ing. Can Neurobiology Teach Us Anything About Consciousness*) adlı əsəri gəlir(4). Churchland yazılarında, özünün sadələşdirməçi fikirlərinə gələn etirazların bir çoxunun, “bilgisizlik hər hansısa teoriyaya müsbət sübut ola bilməz” qanununu pozduğunu iddia edib. Churchland'a görə, “Neyrobiologiya şüuru açıqlaya bilməz” deyənlərin əsas problemi şüurun bir çox özəlliklərinin açıqlanması üçün neyronların funksiyalarının çeşidləndirilməsinin mümkün olmadığını düşünmələridir və onun iddiasına görə, birşeyi xəyal edə bilmirsinizsə, bu onun mümkün olmadığını göstərməz. Churchland'ın bu fikirləri isə yenidən şüur araşdırmalarını neyrobiologiya və təkamülə açır.

Şüurun təkamülündən danışırıqsa, qısaca, insanın ən son təkamül prosesindəki yerini gözdən keçirməliyik və şüurun insan həyatına, o cümlədən, növün davamlılığına necə müsbət təsir etməsinə baxmalıyıq. Çox dərininə enməyəcəyim bu mövzuya primatlar ilə başlayaq. Primatlar, məməlilərin bir alt qrupudur və təxminən 200 növü əhatə edən bir sinifdir. İlk primatların dünyaya üzərində 65 milyon il əvvəl ortaya çıxdıqları düşünüləkdədir. Biz, yəni insanlar, bu sinifin içində köhnə dünya meymunları qrupuna üzvük. Bu qrupun içində bizə ən yaxın olan növlər, insanabənzər meymunlar olaraq da adlandırılan oranqutanlar, şimpanzelər, qorillalar və bonobolardır. İnsanın ataları da içində olmaqla, insanabənzər meymunlar ilə köhnə dünya meymunları arasındakı taksonomik ayırımın 30 milyon il əvvəl olduğu təxmin edilməkdədir (5). Təxminən, 6 milyon il əvvəl, bir qrup insanabənzər meymunun şimpanze və bonoboları meydana gətirəcək təkamül xəttindən uzaqlaşdığını, 5,5 milyon il əvvəl isə, Afrikada Australopithecus adı verilən, iki ayağı üzərində gəzən, əllərindən kömək alan, beyin böyüklüyü meymunlarınkına yaxın olan bir cinsin ortaya çıktığını bilirik (6). Sonra, yaşanan iqlim dəyişiklikləri, dünyanın soyuması və ağacların bölgələrin

azalması ilə düzlüklərdə (savanna) yaşayan Homo cinsi ortaya çıxır. Bu cinsin ən məşhur növlərindən Homo erectus, ot yeyən Australopithecus'dan fərqli olaraq həm ət, həm də ot ilə qidalanaraq müasir insana olduqca bənzəyir. Ət ilə qidalanması bu növə beyin inkişafı baxımından ciddi bir üstünlük təmin edir. Bizim cinsimizin, yəni *Homo sapiens*'in ortaya çıxış tarixi və məkanı mövzusunda müxtəlif təxminlər var. Bunlardan ilkinə görə, *Homo sapiens* ilk olaraq Afrikada, 200 - 300 min il əvvəl ortaya çıxdı və köç dalğalarıyla yer üzünə yayıldı. Bu teoriya, yəni, Afrikadan çıxış teoriyası, genetik məlumatlara daha uyğun görünür. Mitoxondrial DNT sekan-sındaki bənzərlik və fərqliliklər əsas alınaraq edilən bir araşdır-maya görə (7), Afrikada yaşayan soydaşlarımızdakı genetik çeşid-lilik digər qitələrə yayılan soydaşlarımızdakı fərqliləşmədən daha çoxdur, yəni, *Homo sapiens*, Afrikada, digər qitələrə nəzərən, daha uzun müddətdir ki yaşayır.

Primat təkamülünün əhə-miyyətli fərqləndirici nöqtələrindən biri, heç şübhəsiz ki, beyin böyüməsidir. Beynin bö-yüməsi eyni zamanda əvvəldən sahib olunmayan funksiyaların ortaya çıxmasına və ya mövcud funksiyaların fəaliyyətinin art-masına yol açır. İnsanda yüksək

həddə çatan bu meyl əslində «in-kişaf etmişliyin ölçüsü nədir?» sualını da soruşmağa məcbur edir. İnkişaf etmişlik ölçümü-zün beyindəki təzahürünün heç də beyin ölçüsü olmadığı çox açıqdır, çünki, bunu qəbul etdi-yimiz təqdirdə, insan beyinin təxminən 4 qatı böyüklüyündə bir beyinə sahib olan Afrika fili-nin insandan daha inkişaf etmiş idrak funksiyalarına sahib ol-duğunu iddia etməyimiz lazım gəlir. Bunun yerinə, nisbi beyin böyüklüyünü, yəni, beyin-bədən nisbətini istifadə edə bilərik. La-kin, bu ölçüyə görə də siçanın - 10% -lik nisbi böyüklüklə in-sandan (% 2) daha inkişaf etmiş olmasını gözləməliydik (5). Qə-ribə sayıla biləcək bu nəticələr qarşısında köməyimizə, neyron şəbəkəsindəki sinaps sayı çatır. İnsan beyinin korteks deyilən bölgəsindəki neyronlar arasında təxminən 10^{15} ilə 5×10^{15} sinaps var. Bu rəqəm siçanınkinin təx-minən 10 min qatı qədərdir və məhz bu parametri “inkişaf et-mişliyin ölçüsü” olaraq **qəbul edə bilərik**.

Primat təkamülündə bir di-gər əhəmiyyətli inkişaf da, əllər-də, gözlərdə və üz əzələlərində müşahidə olunur. Gomez'in fik-rinə görə: “Əlin vəziyyəti pri-mat sinifinin əhəmiyyətli bir xüsusiyyətini göstərir: primatlar lazım olduğundan daha çox pro-

fessionallaşmamaq mövzusunda professionallaşmışdır!” (8). Yəni, primatların müxtəlif orqanları, xüsusilə, beyin, əl və gözləri bir-dən çox funksiyası yerinə gətirə biləcək şəkildə təkamül keçir-miş görünür. Primatların ən maraqlı xüsusiyyətlərindən biri də, önə doğru baxan gözləridir. Bu sayədə iki gözdən gələn mə-lumatı birləşdirib dünyanın üç ölçülü prizmasına sahib ola bilirlər. Rəngli görməklə birləşdir-sək, bu qabiliyyət, heç şübhəsiz, böyük üstünlüklər təmin edir.

Dərinlik hissi sayəsində ağac-lar üzərində rahatlıqla yollarını tapan primatlar rəngli görmə sayəsində yetkinləşmiş meyvələri yarpaqların arasında rahatlıqla seçəbilir və onları əldə edə bilir-dilər (9). Primatların əlləri də bu funksional zənginlikdən payını alır. Dərinliyinə görə, obyektlər bir çox fərqli şəkildə manipulya-siya edilə bilər. Bu da primatlara ətrafları haqqında fərqli forma-larda (vizual və toxunma) məlu-mat təmin edir və mümkün qə-dər obyektiv və əhatəli bir dünya dizaynına sahib olmalarına im-kan verir. Yaxşı, şüur faktı, yalnız, “dünya haqqında məlumat sa-hibi olmağa” sadələşdirilə bilər mi? Biz insanlar özümüzə “mən” deyərək xitab edə bilən yeganə var-lıqlarıq. Hər düşüncəmizə “mən” düşüncəsinin yoldaşlıq etməsini, bizi bütün dünyadan ayırd edən

bir xüsusiyyət kimi görməyə meylliyik. Görəsən yaxın qohumumuz olan, ya da ağıllı olduqlarını fərz edilən heyvanların özləri haqqında nə düşündüklərini bilə bilərikmi?

Aynada özünü tanıma, aynaya baxaraq əylənmə və özünü araşdırma şimpanzelərin təcrübi olaraq göstərilmiş bir qabiliyyətdir (10). Bu qabiliyyətin varlığını sübut etmək üçün, anesteziya verilərək yatırılan şimpanzelərin alınlarına boya çəkilmiş, sonra, oyanan şimpanzelər ayna qarşısına oturdulmuşdur. Bu şimpanzelər alınlarındakı boyanı dərhal fərq edib silməyə başlamışlar. Bu qabiliyyətin fillərdə, delfinlərdə və orangutanlarda da müşahidə olunduğu bildirilmişdir. Əslində böyük ölçüdə ictimai olan bu canlılarda belə bir qabiliyyəti görməyimiz çox da təəccüblü görünmür, amma, özünü tanıma mövzusu mənlik və şüurun təkamülündə xüsusi yeri olan bir mövzudur. Primatların əhəmiyyətli fiziki xüsusiyyətlərindən biri də üz əzələlərinin inkişafıdır. Quşlarda və sürünənlərdə boynun kənarını keçməyən üz əzələləri primat üzünün hamısını örtür. Bu əzələlər vasitəsilə primat şəxsiyyətini, duyğularını və fokuslandığı obyektləri digər primatlara ifadə edə bilir. Bu qabiliyyətin ortaya çıxması və indiyə qədər davam etdirilmiş

olması primatların ictimai həyatının gətirdiyi ehtiyaclar haqqında bilgilər verir.

Qrup halında yaşayan bir primat üçün ən əhəmiyyətli qabiliyyətlərdən biri qrup üzvlərini tanımaqdır. Bu tanıma fiziki gücü, yaşı hesablayaraq ünsiyyət qurmağı, bununla yanaşı, ictimai iyerarxiyanı başa düşməyi də tələb edir. Bir primat yemək tapmağın çətin olduğunu və tapdığını qrupdakı üst rütbəli üzvlərlə paylaşmaq lazım olduğunu bildiyindən, bəzən, həmin üst rütbəliyə aldatmağın yollarını da tapmalıdır.

Şimpanzelərdə və babunlarda, bu növ aldatma davranışları müşahidə edilmişdir (Marian, 1998). Əslində şüurun və şüur kimi yüksək səviyyədəki idrak imkanlarının ictimailəşmə ilə əlaqədar olduğunu göstərən başqa məlumatlar da vardır. Əks edilmiş düşünmə (*ing: reflexive thinking*), başqa bir deyişlə, öz düşüncələrimiz üzərində düşünmə - qabiliyyətinin maddi bir vasitəni istifadə etməkdən daha çox digər fərdləri vasitə olaraq istifadə etmək nəticəsində yarandığını müdafiə edən Radu Bogdan, delfinlərdə vasitələrdən istifadə etmənin mövcud olmamasına baxmayaraq, inkişaf etmiş bir ünsiyyət və aynada özünü tanıma qabiliyyəti olması tezisini dəstəklədiyini iddia edir (12).

Bütün bu araşdırmaların nəticələrini incələdikdə, heç də şüurun insanlara bəxş edilmiş ilahi bir güc və ya ruh ilə dəstəklənən, açıqlana bilməyən bir mövhum olmadığını, əksinə, məhz elə canlıların təkamülü ilə şüurun təkamülünün paralel gedərək bugünkü müasir insan əqlinə çevrildiyini görürük. Mən də, Churchlandın "birşeyi xəyal edə bilmirsənsə bu onun mümkün olmadığını göstərməz" fikrinə tam qoşularaq, onu əlavə etmək istəyirəm ki, insan oğlunun bu xəyalpərəstliyi sadəcə və sadəcə elm ilə dəstəkləndiyi zaman yararlı olacaqdır, çünki əgər elm ilə özümüzü inkişaf etdirməsək, xəyalları-
mız miflərin, dinlərin, mənbəyi olmayan inancların iddia etdiyi fantastik fikirlərdən heç də fərqlənməz. Həmişə elm ilə qalın ki, aydınlığa çıxasınız...

Menbələr

1. Sigmund Freud, *New Introductory Lectures on Psychoanalysis* [1933] (Penguin Freud Library 2)
2. Pederson, Trevor (2015). *The Economics of Libido: Psychic Bisexuality, the Superego, and the Centrality of the Oedipus Complex*. Karnac.
3. Leibniz, G. W. (1965). *Monadology, and other philosophical essays*.
4. Churchland, P.S.-nin ("Can Neurobiology Teach Us Anything About Consciousness")
5. Roth, G. "The Evolution and Ontogeny of Consciousness", T. Metzinger (ed.) *Neural correlates of consciousness: empirical and conceptual questions* (Cambridge, Mass. : MIT Press, 2000)
6. Sedikides, C. ve Skowronski, J.J. "Evolution of the Symbolic Self: Issues and Prospects", M. R. Leary, J. P. Tangney - *Handbook of self and identity* (New York : Guilford Press, 2003)
7. Cann RL, Stoneking M, Wilson AC. 1987. "Mitochondrial DNA and human evolution." *Nature* 325
8. Gomez, J. C. *Apes, Monkey, Children and the Growth of Mind* (Cambridge, Mass: Harvard University Press, 2004)
9. Gray, J. *Consciousness: Creeping Up On The Hard Problem* (Oxford; New York: Oxford. University Press. 2004)
10. James L. Gould, Carol Grant Gould *The Animal Mind* Scientific American Library, 1994 – Science
11. *Through Our Eyes Only? The Search for Animal Consciousness*, Marian Stamp Dawkins, Oxford University Press 1998
12. Bogdan, R. *Minding Minds: Evolving a Reflexive Mind by Interpreting Others* (Cambridge Mass: The MIT Press, 2000)

İşığın dilemması / NƏRİMAN MƏMMƏDLİ

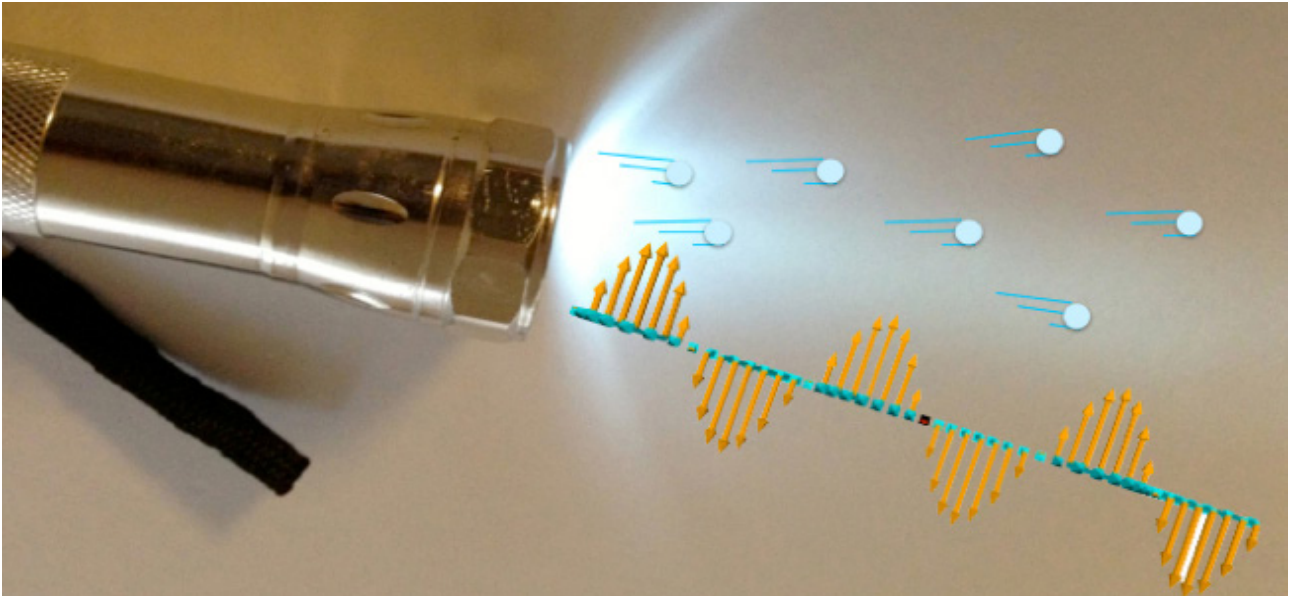
Keçən əsrin əvvəllərində elmdə çox radikal dəyişikliklər baş verdi. Bunlardan insanlığı ən çox təəccübləndirən və təbiət haqqında bildiklərimizin əslində nə qədər az olduğunu bizə bir növ xatırladanlardan biri də “Kvant Fizikası” oldu. Kvant fizikası klassik fizikadakı bəzi anlayışları kökündən titrətdi. Əlbəttə, bu klassik fizikanın yanlış olması demək deyil. Sadəcə olaraq, biz öyrəndik ki, ölçülərin kiçik olduğu dünyada (elektronların, atomların dünyasında) klassik fizika qaydaları artıq çalışmır. Böyük ölçülü cisimlər üçün isə klassik fizika yenə də öz aktuallığını qoruyur. Kvant fizikasının nəticələrinin bizə qeyri-intuitiv, qəribə, bəzən inanılmaz gəlməsinin səbəbi isə sadədir. İnsan növü həmişə böyük ölçülü cisimlər ilə qarşılıqlı əlaqədə olub, ona görə də növümüzün beyni görə bildiyi cisimlərin hərəkətlərini intuitiv dərk edə biləcək şəkildə təkamül edib. İnsan növü elektron və atomlar, mikroskopik cisimlər ilə milyard illərlə keçmişə uzanan tarixin yalnız axırıncı bir neçə yüz illik qədər kiçik bir qismində tanış olub.

Kvant Fizikasının ortaya çıxmasında ən böyük təkan verici və ya sual doğuran mövhum isə məhz işıq özü idi, daha dəqiq desək, işığın zərrəcik yoxsa dalğa təbiətli olması sualı idi (Şəkil 1). Bu sual klassik fizika qanunlarının çərçivəsində öz həllini tapabilmirdi və nəhayət kvant fizikası köməyə gəldi.

İşığın dalğa və ya zərrəcik olmasının nə demək olduğunu başa düşmək üçün isə ilk öncə klassik fizikadakı zərrə və dalğa konseptlərinin nə olduğuna baxaq.

KLASSİK ZƏRRƏ VƏ DALĞA ANLAYIŞLARI

Klassik Dalğa — enerjinin maddə vasitəsilə deyil, aralıq mühit (ing. medium) vasitəsilə ötürülməsidir. Məsələn, gölməçəyə daş atarkən ətrafa yayılan dalğaları fikirləşək. Daşın düşdüyü nöqtədə su molekulları öz tarazlıq vəziyyətlərindən kənarlaşırlar, başqa sözlə — narahat edirlər. Tarazlıq vəziyyətindən bu kənar-



Şəkil 1. Işığın dalğa və alternativ zərrəcik modeli

laşma molekularda ani enerji artımına səbəb olur.¹ Bu enerji su mühiti (inq.medium) ilə dalğalar şəklində ətrafa yayılmağa başlayır. Bu zaman su molekulları yalnız limitli şəkildə müvəqqəti periodik yerdəyişmələr edirlər, məsələn individual bir su molekulu yuxarı və aşağı müəyyən məsafədə (məs. 5 cm) periodik hərəkət edir - bu dalğanın amplitudu adlanır, lakin dalğa su üzərində bu məsafədən xeyli uzaqlara (məs 500 m) yayıla bilər. Hər bir dalğanın özünə xas bir tezliyi mövcuddur. Bu tezlik qaba şəkildə desək, bir nöqtədəki su molekullarının bir saniyədə neçə dəfə periodik olaraq yuxarı və aşağı tullanmasıdır. Digər maraqlı nüans odur ki, dalğanın məkəndəki pozisiyası dəqiq deyildir. "Bu dalğa hal-hazırda hansı koordinatdadır?" -sualı dalğa üçün uyğun sual deyil, çünki dalğa müəyyən bir ərazidə yayılır və hər hansı bir nöqtə ilə limitlənir.

Klassik Zərrəcik — fiziki ölçülərə, kütləyə², enerjiyə malik olan maddə fraqmentidir. Dalğadan fərqli olaraq, müşahidədən sonra zərrəciyin məkəndəki pozisiyası haqda danışmaq mümkündür. Zərrəcik hərəkətdə və ya stasionar ola bilər. Zərrəcik hərəkət edərkən, dalğadan fərqli olaraq fiziki obyekt özü yerdəyişir və enerji birbaşa cimsizlə ötürülür.

Şəkil 1-ə nəzər salaq. Işığın dalğa nəzəriyyəsi deyir ki, işıq vakuumdə və ya hər hansı mühitdə dəyişən elektrik və maqnit sahələrinin qarşılıqlı bir-birinə çevrilməsinə görə yaranan elektromaqnit dalğasıdır. Yəni, elektrik sahəsindəki dəyişmələr dəyişən maqnit sahəsini, maqnit sahəsindəki dəyişmələr isə öz növbəsində dəyişən elektrik sahəsini yaradır və nəticədə enerji uzaq məsafələlərə yayılır. Bu ideyanı ortaya atan J.C. Maxwell olmuşdu. O, elektromaqnetizmin əsasını təşkil edən, sonra-

1 Atoma ətrafdan enerji verildikdə elektron bir orbitdən digərinə, nüvədən daha uzağa tullanır. Əksinə, elektron nüvədən uzaq orbitdən yaxın orbitə gəldikdə isə ətrafa enerji ötürülür. Qütb parıltısının gözəlliyi bu təbii fenomenlə birbaşa əlaqəlidir.

2 Bəzi zərrəciklər kütləsizdir (məsələn, fotonlar).

dan elmdə Maxwell tənlikləri deyə xatırlanan düsturlarını həll edərkən, nəzəri olaraq elektromaqnit dalğalarının varlığını və sürətinin işıq sürəti ilə eyni olduğunu hesablamışdı. Gəldiyi nəticə isə işığın da bu dalğalardan biri olması idi. Bundan 30 il sonra Heinrich Hertz təcrübə olaraq elektromaqnit dalğalarının varlığını təsdiq etdi, və bu kəşf radio, telefon, televizor və s. kimi cihazların icadına gətirib çıxardı. Işığın dalğa tipli xüsusiyyətləri kifayət qədərdir. Onlardan bəzilərinə nəzər salaq.

Refleksiya: Işıq digər dalğalar kimi səthdən əks olunma xüsusiyyətinə malikdir.

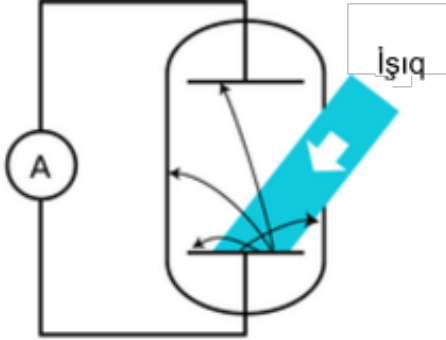
Refraksiya: Işıq bir mühitdən digərinə keçərkən əyilməyə məruz qalır və ya öz istiqamətini dəyişir. (Yəqin, su dolu stəkanın içindəki qaşığın əyilmiş görünməyini müşahidə etmişiniz.)

İnterferensiya: İki fərqli dalğa mənbəsindən eyni və ya yaxın tezliklərdə yayılan iki dalğanın görüşməsindən ortaya çıxan qanunauyğunluqdur. İki dalğa görüşərkən dalğaların amplitudaları ya toplanaraq artır, ya da bir-birilərini əks istiqamətdə tamamlayaraq azalır (bəzən sıfıra bərabər olur). Işıq da digər dalğalar kimi interferensiyaya uğrayır.

Işığın **zərrəcik nəzəriyyəsinə** əsasən isə, işıq kiçik zərrəciklərin (fotonların) axınından ibarətdir və işığın intensivliyi, vahid zamanda mənbədən buraxılan fotonların sayı ilə düz mütənasibdir. Bu fikir qədim yunan alimlərinin zamanından var idi və bu fikiri qəbul edərək Newton, Fermat və s. bir çox qanunlar kəşf etmişdir, lakin Maxwellin işlərindən sonra işığın zərrəcik nəzəriyyəsi demək olar ki, çökdü. Kvant nəzəriyyəsinin ortaya çıxması ilə isə elm dünyası köhnə ideyanı yenidən nəzərdən keçirməli oldu Bəs işıq hansı məqamlarda özünü dalğa kimi yox, zərrəcik toplusunun axını kimi aparır?

Fotoelektrik effekti buna ən yaxşı nümunədir. Fotoelektrik effekti işığın təsiri altında metaldan elektronların qopması fenomenidir. (Şəkil 2)

Yaxşı, bəs bunun işığın zərrəcik nəzəriyyəsi ilə nə əlaqəsi var?



Şəkil 2. Fotoelektrik Effekti

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, elektronların qopması dövrədə cərəyan yaradır və cərəyanın miqdarı vahid zamanda metalın səthindən qopan elektronların sayından bir-başına asılıdır. Maraqlı nüans odur ki, işığın **tezliyi** müəyyən dəyərdən aşağı olduqda metaldan elektron qopmur və dövrədə cərəyan sıfır olur. Lakin, işığın tezliyi artıqca metaldan qopan elektronların da sayı artır. Burada bir qəribəlik var. Qəribəlik məhz elektronların sayının işığın tezliyindən asılı olmasıdır. Çünki, klassik dalğa nəzəriyyəsi bu asılılığı izah edə bilmir. Nəyə görə? Klassik dalğanın enerjisi onun amplitudundan asılıdır, tezliyindən yox (Şəkil 3). Bizim gözləntimiz isə odur ki, əgər işıq klassik dalğadırsa, o zaman amplitudu böyük olan dalğa metala dəydikdə daha çox enerji metala ötürüləcək və nəticədə daha çox elektron lövhədən qopacaq. Yəni, elektronların sayı tezlikdən yox amplituddan asılı olmalı idi. Amma, təcrübəyə görə belə deyil, elektronların sayı məhz tezlikdən asılıdır. Bu o deməkdir ki, burada işığı dalğa kimi yox, yalnız zərrəcik toplusu kimi görsək məsələ həll olunur. Bəs bunu necə etməli? Deməli, fotoelektrik hadisəsinin baş vermə mexanizminə bir də baxaq. Işıq özü ilə enerji gətirir, bu enerji işığın lövhə ilə toqquşmasından sonra metalın içərisindəki sərbəst elektronlara ötürülür

və beləcə elektron ətrafında olduğu nüvədən qopa biləcək qədər enerji əldə edir. Yuxarıda qeyd etdik ki, müəyyən tezlikdən aşağı tezliklərdə metaldan elektron qoparmaq mümkün olmur. Bunun səbəbi isə odur ki, sərbəst elektronu metalın nüvəsinə çəkən bir qüvvə mövcuddur (nüvədəki müsbət yüklü protonlar mənfi yüklü elektronu cəzb edir) və metalın səthinə gələn enerji müəyyən bir minimal dəyəri keçməlidir ki, bu dediyimiz qüvvəyə qalib gəlsin və elektronu metaldan qopara bilsin. **Fotoelektrik effektininin yaratdığı çəşqınlıq o idi ki, böyük intensivliyə (amplituda)³, lakin kiçik tezliyə malik işıq elektron qoparmırdı.** Enstein bu qeyri-müəyyənliyi onunla izah edirdi ki, işıq müəyyən enerji paketləri — fotonlar şəklində yayılır. Yəni, fotonlar lövhəyə gələrək atomlarla toqquşurlar və toqquşma nəticəsində atomun ətrafındakı elektron buluduna ötürülən enerji oradakı elektronları metaldan kənara sıçradır. Bu zaman yuxarıdakı çəşqınlıq asan həll olunur — belə ki, elektronu qoparmaq üçün əsas olan işığın toplam enerjisi (intensivliyi) yox, individual fotonla düşən enerjidir.⁴

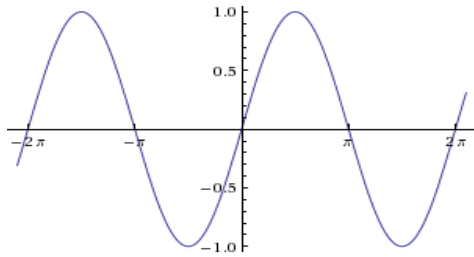
Əgər qopan elektronların sayı işığın tezliyindən asılıdırsa və əgər deyiriksə ki, bu mövhumu işığın zərrəcik modeli izah edir, o zaman bu nəticəyə gəlirik ki, işığın bir zərrəciyinin (yəni, foton) enerjisi işığın tezliyindən asılıdır. Bütün bunlar hamımızın ən azı orta məktəb fizika kitablarında çox gördüyü ($E=h\nu$) Planck düsturuna gətirib çıxarır. Bu düsturda, bir fotonun enerjisinə (E), Planck sabitinə (h), isə işığın⁵ tezliyinə (ν) bərabərdir. Bu düsturu qəri-

3 Əslində intensivlik amplitudun kvadratına bərabərdir, lakin yazının məğzi üçün çox önəmli olmadığı üçün hər iki sözün qarşılıqlı istifadə etmək olar. Əsas olan odur ki, amplitudu çox olan dalğanın intensivliyi də çox olur

4 Enstein'ə Nobel qazandıran iş

5 Çəşqınlıq olmasın deyə qeyd edim ki, işıq dedikdə təkə lampadan gələn şüa yox ümumilikdə elektro-mağnit dalğaları ailəsi nəzərdə tutulur. Buraya, ultra-bənövşəyi, infraqırmızı,

bə edən məqam isə odur ki, bu düstur bir növ işığın zərrəcik və dalğa idealarını bir yerdə birləşdirir. Çünki o, bir fotonun enerisini (zərrəcik konsepti) işığın tezliyi ilə (dalğa konsepti) ilə əlaqələndirir. Planck düsturu elm dünyasında böyük bir nailiyyət olsa belə, bir daha göstərdi ki, işığın ikili zərrə-dalğa davranışının daha ümumi və bu iki aspektini daha səlis birləşdirən bir nəzəriyyəyə ehtiyac var.



Şəkil 3. Bu dalğanın periodu π , tezliyi $\frac{1}{\pi}$ dir. Amplitudu isə π - dir. Klassik dalğanın (səs dalğası) enerjisi onun amplitudundan asılıdır.

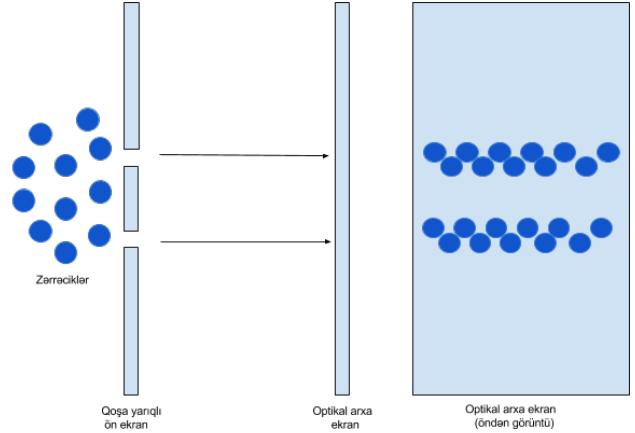
QOŞA YARIQ TƏCRÜBƏSİ

(ing. *double slit experiment*)

Dalğa-zərrəcik ikililiyi və ya çəşqınlığını ən açıq şəkildə göstərən, bəlkə də fizikanın ən baş gicələndirici təcrübələrindən biri məhz qoşa yarıq (ing. *double slit*) təcrübəsidir. *Bu təcrübə həm də kvant fizikasının ana təcrübələrindən biridir.* Təcrübədə iki ədəd ekran və ya divar (fərqi yoxdur, baxır vəziyyətdə) istifadə olunur. Ön ekranda iki ədəd uzununa yarıq yerləşdirilir, arxa ekran isə bir növ detektor rolunu oynayır. Yəni, hesab edək ki, arxa ekrana təmas olduqda orada iz qalır və bu izə görə biz mülahizələr edirik. Başlayaq sadə təcrübədən. Təsəvvür edək ki, əlimizdə 90-larda böyüyən nəslin yaxından tanış olduğu “şarik atan tapança” var və bu tapança ilə ön ekranı güllə-baran edirik. Burada, “şariklər”

rentgen və digərləri aiddir.

klassik zərrəcik⁶ təsvirinə uyğun gəlir. İndi, ön ekranın güllə-baran edilməsindən sonra arxa ekranda nə tip bir iz gözləyirik? Yəqin, cavabı rahat təxmin etdiniz, etmədinizsə şəkil 4-ə nəzər yetirək.

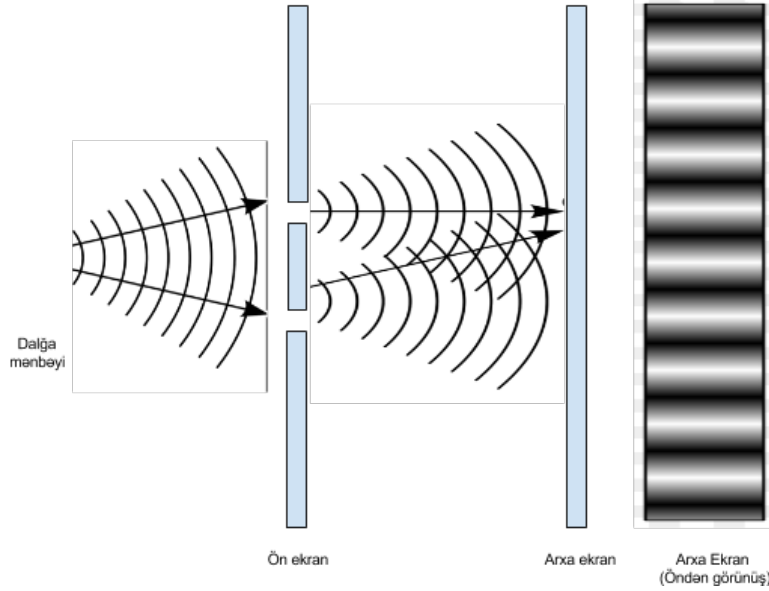


Şəkil 4. Klassik zərrəciklərin qoşa yarıqdan keçərkən yaratdıqları qanunauyğunluq. Göründüyü kimi əgər qoşa yarıqlı ekranı klassik zərrəciklərlə atəşə tutsaq arxa ekranda yarıqlarla paralel zolaq əmələ gəldiyini görəcəyik.

Yaxşı, bəs bu ön ekrana zərrəciklər yox, dalğalar göndərsək o zaman arxa ekranda nə tip bir iz gözləyirik? Bu sual bir az çətin ola bilər, cavab isə interferensiyadır. Qısacası, yarıqlardan keçərkən hər bir yarıq özünü yeni bir dalğa mənbəyi kimi aparır və nəticədə arxa ekranda interferensiya müşahidə olunur. (Şəkil 5)

İndi keçək əsas məsələyə, ilk baxışdan bizə elə gəlir ki, işığın yüz illər boyu sürən bu qəribəliyini bu təcrübə ilə rahatlıqda həll edə bilərik. Belə ki, biz işığı qoşa yarıq olan ekrana tutaraq arxa ekrandakı nəticəyə baxıb işığın dalğa və ya zərrəcik təbiətli olduğunu aydınlaşdırmağa bilərik. Lakin, necə deyərlər sən saydığını say, gör təbiət nə sayır. Keçək bu

⁶ Klassik zərrəcik dedikdə, zərrəciklərin klassik fizika təsvirini nəzərdə tuturam, indi yazının sonlarına doğru görəcəyik ki, (diqqət spoiler!), elektron, atom və fotonlar heç də bu klassik təsvirə uyğun davranmırlar.



Şəkil 5. Klassik dalğanın qoşa yarıqdan keçərkən yaratdığı interferensiya. Dalğanın yarıqlardan keçərkən arxa ekranda növbəli şəkildə parlaq və qaranlıq zolaqlar yaratdığını görürük. Bunun səbəbi, interferensiyadır.

məqalənin ən həyəcanlı məqamına. Deməli, bu təcrübənin yaradıcısı Thomas Young 1803-cü ildə öz məqaləsində göstərir ki, işıq ön ekrana tutduqda arxa ekranda interferensiya yaranır və o, bir növ işığın dalğa olduğunu dəstəkləyən elm adamlarının qələbə zəfərini qeyd edir. Lakin, bu zəfər daimi olmur. Daha əvvəl haqqında bəhs etdiyimiz, fotoelektrik effektini yadıma salaq (1905-ci il). İndi təsəvvür edək ki, yeni təcrübələrdəki ön və arxa ekranlar metaldırlar. Qeyd etdik ki, işıq metalın səthində, kiçik paketlər şəklində absorbsiya edilir. Fotoelektrik effektində təcrübəsində öyrəndiklərimizdən yola çıxaraq demək olar ki, əgər biz çox aşağı tezlikli işıq şüasını ön ekrana tutsaq (və işığın zərrəcik nəzəriyyəsini fərz etsək) o zaman bir növ ön ekrana tək-tək fotonlar göndərmiş olarıq. Əgər fotonlar klassik zərrəcikdirlərsə, o zaman biz arxa ekranda şəkil 1-dəki nəticəni gözləyirik. Amma iş orasındadır ki, nəticə dəyişməz olaraq qalır, Young'ın apardığı təcrübədəki kimi işıq interferensiyası şəkil 2-dəki kimi interferensiya edir. Bu da ol-

sun “dalğaçıların” ikinci müvəqqəti zəfəri. Söhbət hələ burada bitmir. Işıq zərrəcikdir başqa cür ola bilməz deyib, gəlin yarıqlara xüsusi detektor quraşdıraraq. Bu detektorlar qoşa-yarıqlı ekrana göndərilən fotonun hansı yarıqdan keçdiyini bizə deyəcək. Çünki, əgər işıq zərrəcik təbiətlidirsə, bu klassik zərrəciklər eyni anda iki deşikdən keçib öz-özləri ilə interferensiya edə bilməzlər. Detektorları quraşdırıb təcrübəni təkrar edirik. Nəticə isə şokedicidir. Cihazların yerləşdirilməyi ilə təcrübənin nəticəsi dəyişir, fotonlar klassik zərrəcik kimi davranırlar və şəkil 1-dəki kimi ekran şəkli əmələ gəlir. Sanki, təbiət bizimlə zarafat edir. Cihazları hər iki yarığa deyil, yalnız bir yarığa yerləşdirsək yenə də şəkil 1-dəki nəticəni alırıq. Sanki, foton cihaz olmayan deşikdən keçərkən nəinki digər deşikdən xəbərdar olur, hətta o digər deşiyin müşahidə edilib edilmədiyini də bilir! Cihazları yığışdırıb təcrübəni təkrar etsək yenidən interferensiya (şəkil 2) nəticəsi qarşımıza çıxır. Nə baş verir?

İzahatlardan biri o ola bilər ki, bu nəticələr sadəcə işığın növbəti qeyri-adi xüsusiyyətlərindən, çəkisi olmayan foton, universal olan işıq sürəti (yəni, ona nəzərən hərəkət edən müşahidəçinin sürətindən asılı olmayaraq işığın sürəti həmişə eynidir. Qarşı-qarşıya hərəkət edən iki işıq şüası bir-birilərinə məhz işıq sürətində yaxınlaşacaqlar, iki-qat işıq sürətində yox.) və bir də bu. . İşığın bu qərübə xüsusiyyətlərinə baxmayaraq, sonrakı təcrübələr göstərdi ki, qoşa yarıq (**ing. double slit**) **eksperimenti elektronlar, hətta atomlar üçün də eyni qərübə nəticələri verir.** Deməli, məsələ təcrübədə istifadə olunan zərrəciklərin ölçülərindədir. Yəni, bu təcrübəni bilyard daşları ilə (və ya “şarıqlarla”) aparsaydıq, ortada heç bir qərübəklik olmazdı. Amma, atom, elektron və molekulların ölçüləri kiçikdir; və bu ölçülərdə təbiət qanunları klassik dünyamızdakından çox fərqlidir. Beləliklə, kvant dünyasına xoş gəlmisiniz ☺

Məhz kvant fizikası yuxarıdakı qərübəklikləri izah edir. **Lakin, bu izahatlar riyazi izahatlardır, bizim bu izahatları intuisiyamızla həzm etməyimiz demək olar ki, mümkün deyildir.** Lakin, kvant fizikası heç də real dünyada tətbiqi olmayan, praktik dəyəri sıfır bərabər bir sahə deyil. Hal-hazırda televizor və kompüter texnologiyalarında məhz kvant fizikası tətbiq olunur. Kvant fizikası ulduzlarda baş verən nuklear prosesləri belə izah edir. Yaxşı, bəs bu kvant fizikası yuxarıdakı qərübəkliyi necə izah edir? Cavab belədir: Müşahidə prosesi zamanı müşahidəçi müşahidə olunan sistemi “narahat edir”. Müşahidəçini müşahidə olunanndan tamamilə ayırmaq mümkün deyildir. Kiçik ölçülü zərrəcik müşahidə olunana qədər onun fəzadakı yeri (koordinatı) müəyyən deyil. Onun ola biləcəyi mümkün məkanların ehtimallar paylaşımı mövcuddur (bəzi məkanlarda olma ehtimalı yuxarı, bəzilərdə aşağıdır). Buna kvant fizikasında ehtimallar dalğası da deyilir. Bir növ demək olar ki, müşahidəyə qədər zərrəcik özünü dalğa kimi aparır. Müşahidə anında isə, zərrəcik ehtimallara əsasən

mümkün məkanlardan birində peyda olur (dalğa özünü zərrəcik kimi aparır) və o andan etibarən klassik zərrəcik kimi davranır. Bu izahat nə qədər inanılmaz görünsə də, təcrübədəki qərübəklikləri mükəmməl izah edir⁷. Belə ki, müşahidə yoxdursa fotonlar və ya elektronlar dalğa şəklində yayılır, yarıqlardan keçərək interferensiyaya uğrayır və şəkil 2-dəki nəticə alınır. Müşahidə zamanı isə, zərrəcik yarığa çatdığı an dalğa zərrəciyə tənəzzül edir (*ing. collapse*) və ona görə də şəkil 1-dəki nəticə yaranır.

Müşahidənin müşahidə edilən zərrəciyi “narahat” etməsi faktı çox böyük suallarla bizi baş-başa buraxır. Müşahidəyə qədər reallıq mövcud deyilmi?

Bu sual barədə uzun-uzun düşünmək olar. Kvant fizikasının Copenhagen Təfsirinin⁸ bu suala verdiyi cavab isə müsbətdir. Reallıq müşahidə anına qədər mövcud deyildir. Əlbəttə, müşahidəçi və müşahidə konseptlərinin daha dəqiq tərfi önəmlidir...

7 Riyazi model eksperimentlərlə təsdiqini tapır.

8 Copenhagen təfsiri Neils Bohr və Werner Heisenberg tərəfindən ortaya qoyulub. Bu təfsirə görə fiziki sistemlərin ölçmə, müşahidə anına qədər dəqiq xüsusiyyətləri yoxdur. Müşahidəyə qədər yalnız xüsusiyyətlərin ehtimallar paylaşımı mövcuddur. Müşahidə anında sistem narahat olunur və ehtimallar dalğası bir nöqtəyə tənəzzül edir və sistem spesifik bir xüsusiyyəti ortaya qoyur.

NÖVLƏRİN MƏNŞƏYİ ÜZƏRİNƏ

CHARLES DARWIN

Tərcümə: Ərtoğrul Alışbəyli, Rəşad Yusifov və Vüsal Fərzəliyev

I Fəsil

ƏHLİLƏŞDİRMƏ ŞƏRAİTİNDƏ ÇEŞİDLİLİK (əvvəli keçən sayda)

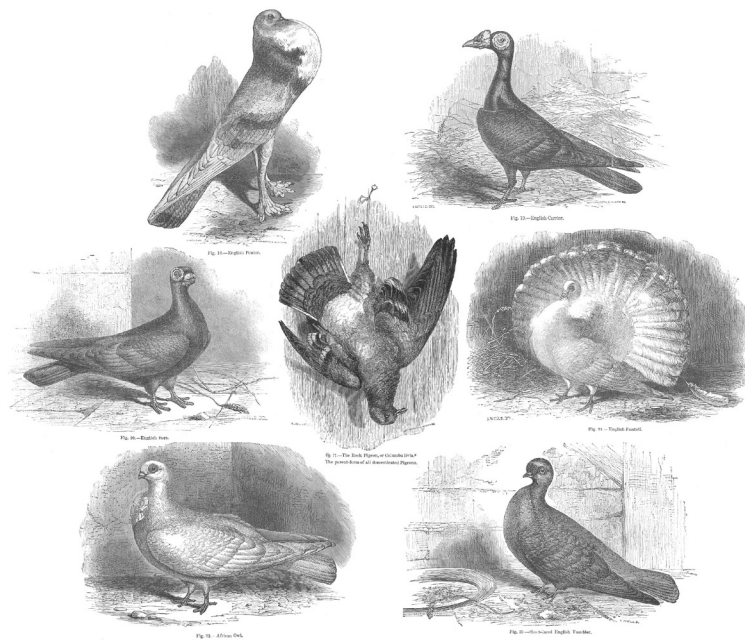
Çox vaxt, insanların əhliləşdirmək üçün dəyişməyə meyilli və dolayısıyla da, çox fərqli mühitlərə tab gətirmə qabiliyyəti olan heyvan və bitkiləri seçdikləri fərz olunur. Əhliləşdirilmiş növlərin bu qabiliyyətlərinin onlara əlavə dəyər qatdığını inkar etməyəcəyəm; amma, necə ola bilər ki, heyvanları ilk dəfə əhliləşdirməyə çalışan vəhşi insan həmin heyvanın növbəti nəsillərinin dəyişgən olacağını və fərqli mühitlərə tab gətirəcəyini əvvəlcədən bilmişdi? Uzunqulaq və ya firəngtoyuğunun aşağı dəyişgənliyi, yaxud da Şimal maralının istiyə, dəvənin isə soyuğa dözümsüzlükləri onların əhliləşdirilməsinin qarşısını ala bilibmi? Şübhə etmirəm ki, əhliləşdirdiyimiz növlərlə eyni sayda, eyni müxtəliflikdə sinif və ölkələrə aid olan digər bitki və heyvanları təbii mühitlərindən ayırıb, əhliləşdirilmiş növlərlə eyni nəsillər boyu çoxalda bilsəydik, onda onlarda da hal-hazırkı əhliləşdirilmiş növlərin əcdadları qədər dəyişgənlik müşahidə edərdik.

Ən qədim zamanlardan əhliləşdirilmiş heyvan və bitkilərə baxdıqda, düşünürəm ki, onların bir və ya bir neçə əcdaddan törədiyi barədə konkret nəticəyə varmaq mümkündür. Əhliləşdirilmiş sortların bir neçə əcdaddan törədiyini iddia edənlərin ən böyük arqumentləri odur ki, qədimi mənbələrdə, xüsusilə də Misir abidələrində, sortların xeyli müxtəlif olduğunu və bəzilərinin indiki sortlara bənzədiyini, hətta eynisi ola biləcəyini müşahidə edirik. Lakin bu son fakt öz təsdiqini indi olduğundan daha ciddi və ümumi şəkildə tapsa belə, bu, indiki sortların dörd və ya beş min il bundan əvvəl əmələ gəldiyindən başqa nəyi sübut edir? Lakin, Cənab Horner'in tədqiqatları Nil çayı vadisində insanın on üç ya on dörd min il bundan əvvəl dulusçuluqla məşğul olacaq qədər mədəniləşmiş ola biləcəyi ehtimalını ortaya çıxardı; və indi kim deyə bilər ki, həmin qədim zamanlardan da əvvəl Tierra del Fuego, ya da Avstraliyada itləri yarım-əhliləşdirməyi bacarmış vəhşi insanlar Misirdə də mövcud deyildilər?

Fikrimcə, bu məsələ müəmmalı qalacaqdır; buna baxmayaraq, burada heç bir detala varmadan deyə bilərəm ki, coğrafi və digər bütün bucaqlardan baxdıqda, indiki ev itlərinin böyük ehtimalla bir neçə əcdaddan gəldiyini düşünürəm. Qoyun və keçilər haqda heç bir fikir bildirə bilmərəm. Cənab Blyth'in donqarlı hind inəklərinin vərdişləri, səsləri, cüssələri və s. barədə mənə ötürdüyü faktlar əsasında bu qənaətə gəlirəm ki, hind inəkləri Avropaya xas inəklərdən fərqli bir əcdaddan törəyib; və bəzi ekspertlər də, Avropa inəklərinin bir neçə vəhşi əcdadının olduğunu inanırlar. Atlara gəldikdə isə, burada göstərə bilmədiyim səbəblərdən, tərəddüdlə də olsa, bəzi müəlliflərin əksinə, bütün çeşidlərin bir vəhşi əcdaddan gəldiyinə inanmağa meyilliyəm. Böyük və ətraflı bilik bazasına görə, fikrinə demək olar ki, hamıdan çox dəyər verdim Cənab Blyth'in fikrinə, bütün ev quşları adı hind cəngəllik toyuğundan gəlirlər (*Gallus bankiva*). Quruluşca sortlarının bir-birindən gözəçarpan dərəcədə fərqləndiyi ördək və dovşanların isə adı vəhşi ördək və dovşandan gəldiyinə şübhə etmirəm.

Bəzi müəlliflər əhliləşdirilmiş sortların bir neçə müxtəlif əcdaddan yaranması ideyasını absurd dərəcədə uzağa aparıblar. Onlara görə, özünəməxsus xüsusiyyətlərinin nə qədər az olmasından asılı olmayaraq, saf çoxalan hər bir çeşidin öz vəhşi versiyası var. Belə olan təqdirdə, bir neçəsi Böyük Britaniyada olmaqla, təkcə Avropada ən azı iyirmi növ vəhşi siğır, elə bir o qədər qoyun və bir neçə keçi olmalı idi. Hətta bir müəllif inanır ki, əvvəllər Böyük Britaniyada buraya xas on bir vəhşi qoyun növü olub! Britaniyanın özünəməxsus bir məməli növünün belə qalmadığını, Fransada Almaniyadan, və yaxud Macarıstan və ya İspaniyadan fərqli bir neçə növdən başqa heç nə olmadığını, amma bu krallıqların hər birinin özünəməxsus bir neçə sort siğır, qoyun və s.-nin olduğunu nəzərə alsaq, qəbul etməliyik ki, əhliləşdirilmiş sortların bir çoxu Avropada yaranıb; ölkələrin heç birində fərqli əcdad sayı qədər özünəməxsus növ yoxdursa, bu çeşidlər haradan əmələ gələ bilərdilər? Hindistanda da vəziyyət oxşardır. Bir neçə fərqli əcdaddan yaranıqlarını tamamilə qəbul etdiyim ev itlərində belə, əsasən irsən ötürülmüş çeşidliliyin olduğuna şübhə edə bilmərəm. Kim inana bilər ki, italyan ov itinə, xəfiyyəyə, buldoqa və yaxud Blenheim spanyelinə—ki, bunlar vəhşi *Canidae*lərdən (köpəkkimilərdən) çox fərqlidirlər—bənzər heyvanlar nə vaxtsa təbiətdə müstəqil şəkildə var olublar. Tez-tez boşuna it çeşidlərinin bir neçə əcdad növün çarpazlaşdırılmasından istehsal olunduğu deyilir; halbuki, çarpazlaşmadan ancaq iki valideynin arasında, aralıq xüsusiyyətlərə malik bir çeşid almaq mümkündür; və əgər əhliləşdirilmiş sortların hansı yolla əldə edildiyini bu formada açıqlasaq, qəbul etməliyik ki, italyan ov iti, xəfiyyə, buldoq və s. kimi

ekstrim formalar bir zamanlar təbiətdə mövcud olub. Bundan əlavə, çarpazlaşdırma yolu ilə fərqli çeşidlər yarada bilmənin mümküna-tı həddən artıq şişirdilib. Şübhəsiz ki, çeşid, arasına çarpazlaşdırılıb, arzuolunan xüsusiyyətlərə sahib mələzləri diqqətlə seçərək dəyiş-dirilə bilər; lakin, iki tamamilə fərqli çeşidin və ya növün çarpazlaş-masından yepyeni bir çeşidin alınma biləcəyinə inanmıram. Cənab J. Sepbright məhz bu mövzuda təcrübələr aparmış və uğursuzluğa dü-çar olmuşdur. İki saf sort arasındakı birinci çarpazlaşmadan yaranan balalar (göyərçinlərdə də gördüyüm kimi) kifayət qədər və bəzən həddən artıq bir-birinə bənzəyir və sanki hər şey yolunda gedir; la-kin bu mələzləri bir-biriləri ilə nəsillər boyu çarpazlaşdırdıqda, nə-ticədə, iki dənəsi belə bir-birinə oxşamır və işin inanılmaz çətinliyi, daha doğrusu, tamamilə ümitsiz olduğu ortaya çıxır. Belə, şübhə-siz ki, *iki, çox fərqli* sortun aralıq versiyası böyük qayğı və uzun müd-dətli seçmə olmadan əldə edilə bilməzdi; bu şəkildə alınmış daimi bir sort haqda məlumata indiyə qədər rast gəlməmişəm.



Şəkil 1. Darwin'in 1868-ci ildə nəşr olunmuş *Mədəni Bitki və Heyvanların Çeşidli-liyi* adlı kitabında göstərilmiş bəzi göyərçin sortları. Şəkildə sol yuxarıdan sağa doğru sıra ilə ingilis şişman göyərçini, ingilis poçt göyərçini, ingilis tikanlı göyərçini, bütün göyərçinlərin əcdadı olan çöl göyərçini (*C.livia*), ingilis yelpikquyruğu, Afrika bayqu-şu, qısaşifətli mayallaq göyərçin təsvir olunmuşdur. [mənbə: (2)]

EV GÖYƏRÇİNLƏRİNİN SORTLARI ÜZƏRİNƏ

Həmişə xüsusi bir qrupu öyrənməyin daha yaxşı olduğuna inanmışımdan, götür-qoy edib ev göyərçinləri ilə işləməyə qərar verdim. Əldə edə və ya ala bildiyim hər sortu saxlamağa başladım və dünyanın bir neçə tərəfində yaşayan insanlar, əsasən də Hinsistandan hörmətli W. Elliot və İrandan C. Murray, bu işdə mənə dəstək verdilər. Göyərçinlər üzərinə fərqli dillərdə bir neçə traktat dərc edilmişdir və onların bəziləri antik olma baxımından çox vacibdir. Bir neçə həvəskar ilə əlaqə qurdum və London Göyərçin Klublarına üzv ola bilmək hüququ əldə etdim. Buradakı sortların müxtəlifliyi olduqca valehedicidir. İngilis poçt göyərçini (*ing. carrier*) və qısasifətli mayallaq göyərçini (*ing. short-faced tumbler*) müqayisə edib, onların dimdiklərində möhtəşəm fərqliliklərin kəllələrinin quruluşundakı fərqliliyə uyduğunu görürsən. Poçt göyərçini, əsasən də erkək quş, pipiyin inkişafına, həm də dartılmış gözqapaqları, çox iri xarici burun dəlikləri və böyük ağızına görə diqqətəlayiqdir. Qısasifətli mayallaq göyərçinin dimdiyi alacəhrəninkinə (*ing. finch*) oxşayır; adı mayallaq göyərçinin isə qeyri-adi və qəti irsi xüsusiyyət olaraq çox yüksəkdə kompakt dəstələr halında uçmaq və havada mayallaq aşma vərdisi var. İri göyərçin (*ing. runt*) böyük bədən ölçüsü, uzun, böyük dimdiyi və ayaqları olan quşdur; iri göyərçinin bəzi altçəşidlərinin uzun boyunları, digərlərinin uzun qanadları və quyruğu, ya da əksinə, qeyri-adi qısa quyruqları olur. Tikanlı göyərçin (*ing. barb*) poçt göyərçininin qohumudur, amma onun dimdiyi uzun yox, qısa və genişdir. Şişman göyərçinin (*ing. pouter*) gövdəsi, qanadları və ayaqları uzundur; qürurla şişirdiyi çox böyümüş çinədanı isə insanda heyrətə və hətta gülüşə səbəb ola bilir. Turbit göyərçininin qısa konusvari dimdiyi, sinəsində isə əks istiqamətli lələkləri var; o həm də qida borusunun üst nahiyəsini qabarda bilmək xüsusiyyətinə görə bilinir. Yakobin göyərçininin başının arxasında o qədər əksinə bitmiş lələk var ki, onlar kapüşon əmələ gətirirlər; və bu növün ölçülərinə nəzərən olduqca uzun qanad və quyruq lələkləri var. Lüləquyruq (*ing. trumpeter*) və gülən (*ing. laugh*) göyərçinlər isə (ingilis dilindəki) adlarından da göründüyü kimi, çox xüsusi qurulumalarına görə seçilirlər. Yelpikquyruq göyərçinin quyruğunda eyni fəsiləyə mənsub göyərçinlərdəki kimi on-on iki lələk yox, otuz, hətta bəzən qırx lələk olur; bütün bu lələklər daima açıq halda saxlanılır və bəzi yaxşı quşların quyruqları hətta o qədər dik olur ki, başlarına toxunur; yağ vəzilərinin isə forması dəyişmiş olur. Başqa, daha az gözəçarpan sortlar müəyyən etmək olardı.

Bəzi sortların skeletində üz sümüklərinin uzunluq, en və əyriliyinin inkişafı bir-birindən çox fərqlənir. Aşağı çənə ramusunun for-

ması, habelə uzunluğu və eni nəzərəçarpan dərəcədə dəyişir. Sakral (oma) və kaudal (quyruq) onurğaların sayı dəyişir; necə ki, qabırğaların sayı da çıxıntıların genişliyi və varlığı ilə dəyişir. Sternumdakı (döş sümüyündəki) dəliklərin ölçüsü və forması da çox dəyişgəndir; eynilə, furkulanın (“arzu” sümüyünün) iki qolunun uzunluğu və onların arasındakı dərəcə kimi. Ağız boşluğunun mütənasib genişliyi, göz qapaqlarının, burun dəliyinin, dilin mütənasib uzunluğu, çinədanın və yemək borusunun yuxarı hissəsinin ölçüsü; yağ vəzlərinin inkişafı və itirilməsi; birincil qanad və arxa lələklərinin sayı; qanad və quyruq uzuluğunun bir-birinə və bədənə nisbəti; ayaq barmaqlarındakı pulcuqların sayı, ayaq barmaqları arasında dərininin inkişafı quruluşun dəyişgən nöqtələridir. Yumurtadan çıxan zaman ətcəbalarının üstünü örtən tüklərin vəziyyəti kimi, lələklərin mükəmməl inkişaf dövrü də dəyişgəndir. Yumurtaların quruluşu və ölçüsü dəyişir. Bəzi sortlarda səs və xarakter kimi, uçma metodları da çox fərqlənir. Son olaraq, müəyyən sortlarda erkək və dişi canlılar bir-birindən müəyyən qədər fərlənirlər.

Ümumilikdə ən az iyirmi göyərçini bir ornitoloqa¹ göstərib, bunların çöl quşları olduğunu desək, əminəm ki, onların fərqli növ olduğunu qərar verər. Bundan əlavə, heç bir ornitoloqun ingilis poçt göyərçinini, mayallaq göyərçini, iri göyərçini, tikanlı göyərçini, şişman göyərçini və yelpikquyruq göyərçini eyni cinsə aid edəcəyəni düşünmürəm; ən əsası ona görə ki, bu sortların, yaxud onun sözü ilə desək, növlərin hər birindən törəmiş altçəşidlərinin olduğu göstərilə bilər.

Göyərçin çeşidləri arasında fərqlər nə qədər böyük olsa da, əminəm ki, təbiətşünasların orta q mövqeyi doğrudur, yəni, bir-birindən çox az fərqlənən coğrafi çeşidlər və ya altnövlər də daxil olmaqla bütün göyərçinlər çöl göyərçinindən (*Columba livia*) törəyiblər. Buna inanmağıma dəlalət verən səbəblər başqa məsələlərdə də keçərli olduğundan, qısaca onları təqdim edəcəyəm. Əgər müxtəlif sortlar çeşid deyillərsə və çöl göyərçinindən gəlməyiblərsə, ən azı yeddi və ya səkkiz əcdaddan törəmiş olmalıdırlar; çünki, hazırkı əhliləşdirilmiş sortları bundan daha az sayda əcdadla ortaya çıxarmaq mümkün deyil: məsələn, şişman göyərçini, əcdadlarından birinin özünəməxsus nəhəng çinədanı olmadan, iki sortun çarpazlaşdırılmasından necə əldə etmək olar? Nəzərdə tutulan əcdadların hamısı bala verməyən və ya öz istəyi ilə ağaclara qonmayan çöl göyərçini olmalı idi. Lakin, *C. livia* və onun coğrafi altçəşidlərindən başqa, çöl göyərçinlərinin ancaq iki və ya üç növü məlumdur; və bunlarda da

1 ornitologiya- quşları öyrənən elm sahəsi

əhliləşdirilmiş sortların heç bir xüsusiyyətləri yoxdur. Buna görə də, əcdadlar ya ilkin əhliləşdirildikləri ərazilərdə mövcud olub, sadəcə ornitoloqlara məlum deyillər, ki, ölçüləri, vərdisləri və gözəçarpan xüsusiyyətlərini nəzərə alsaq bu heç inandırıcı səslənmir; ya da nəsiləri tamamilə kəsilmişdir. Lakin, uçma qabiliyyətləri yaxşı olub, sıldırım qayalıqda çoxalan quşların nəslinin kəsilməsi ehtimalı o qədər də çox deyil; bundan əlavə, əhliləşdirilmiş sortlarla oxşar vərdislərə sahib olan adi çöl göyərçinləri hətta kiçik Britaniya adacıqlarında və Aralıq dənizi sahillərində belə yoxa çıxmayıblar. Buna görə də, çöl göyərçinləri ilə oxşar vərdislərə sahib bu qədər növün yoxa çıxması mənə çox düşünlənmiş bir fərziyyə kimi gəlir. Bundan əlavə, yuxarıda adı keçən sortların bir neçəsi dünyanın hər yerinə aparılıb və ona görə də, mütləq bəzi hallarda doğma ölkələrinə də geri qaytarılıb; lakin, çöl göyərçininin bir az fərqli forması olan dam göyərçinlərinin bəzi yerlərdə vəhşiləşdiyini çıxmaq şərtilə, heç bir sort vəhşiləşməmişdir. Əvvəl də qeyd etdiyim kimi, ən son təcrübəyə əsasən, vəhşi heyvanların əhliləşdirmə şəraitində rahat çoxalmalarına nail olmaq həddən artıq çətinidir; buna baxmayaraq, göyərçinlərin çoxsaylı əcdadı olma hipotezinə əsasən, ən azı yeddi və ya səkkiz növün yarı-mədəni insanlar tərəfindən, təcrid şəraitində çoxala biləcək dərəcədə mükəmməl əhliləşdirildiyini fərz etmək lazımdır.

Mənə elə gəlir ki, digər böyük məsələlərdə də keçərli olan iddia budur ki, yuxarıda adı keçən sortlar cüссə, vərdiş, rəng, səs və quruluşlarının böyük bir hissəsi baxımından vəhşi çöl göyərçinlərinə oxşasalar da, digər hissələri baxımından həddən artıq anormaldırlar: ingilis poçt göyərçini, mayallaq göyərçin və ya iri göyərçindəki kimi dimdik üçün; yakobindəki kimi tərsinə çevrilmiş lələklər üçün; şişman göyərçindəki kimi çinədan üçün; yelpikquyruqdakı kimi quyruq lələkləri üçün nahaq yerə böyük *Columbidae* ailəsində axtarış aparırıq. Bundan əlavə, yarı-mədəni insanın nəinki bir neçə növü mükəmməl şəkildə əhliləşdirdiyini, hətta bilərəkdən və ya təsadüfən həddən artıq anormal növləri seçdiyini fərz etməliyik; üstəlik, o növlərin hamısının nəsiləri kəsilmiş olmalı və ya elmə məlum olmamalıdır. Bu qədər qeyri-adi təsadüfün eyni zamanda doğru olması mənə həddən artıq qeyri-mümkün görünür.

Göyərçinlərin rəngləri ilə bağlı bəzi faktları nəzərdən keçirməkdə fayda var. Çöl göyərçinləri qurğuşun-mavisi olub, ağ sağrıya² malikdirlər (Hind altnövlərində və Strickland'dəki *C. intermedia*'da

2 Sağrı-heyvanın beli ilə quyruğu arasındakı dolğun və yuvarlaq tərəfi

bu göyümtüldür); quyruğun sonunda xarici lələklərin kökündə çöldən ağ rənglə haşiyələnmiş qara zolaq var; qanadlarda iki qara zolaq var; bəzi yarım-əhliləşdirilmiş sortlar və bəzi həqiqi vəhşi sortların qanadlarında iki qara zolağa əlavə olaraq, qara damalar da var. Bu əlamətlər ailənin başqa heç bir növündə bir yerdə müşahidə olunmur. Saf sortları ələ alanda, əhliləşdirilmiş sortların hər birində, yuxarıda sadalanan əlamətlərin hamısı, bəzən mükəmməl inkişaf etmiş şəkildə ortaya çıxır. Bundan əlavə, yuxarıdakı əlamətlərin heç birinə sahib olmayan və ya göy olmayan iki fərqli sortun çarpazlaşmasından əmələ gələn mələz nəsil bu əlamətləri göstərməyə başlayır; tamamilə ağ yelpikquyruğu, tamamilə qara tikanlı ilə çarpazlaşdırdım və nəticədə, qəhvəyi və qara ləkəli quşlar alındı; bunları təkrar çarpazlaşdırdıqda ağ yelpikquyruq və qara tikanlının nəvələrindən biri, eynilə bir çöl göyərçini kimi valehedici göy rəngdə, sağrısı ağ, qanadları iki qara zolaqlı və quyruq lələkləri zolaqlı və ağ haşiyəli oldu! Əgər bütün əhliləşdirilmiş sortlar çöl göyərçinindən törəyiblərsə, bu faktı bizə yaxşı məlum olan, əcdadlara dönüş prinsipi vasitəsilə başa düşmək olar. Lakin əgər bunu inkar ediriksə, aşağıdakı iki xeyli ağılaşmaz ehtimaldan birinə inanmalıyıq. Birinci ehtimalda, heç bir başqa növün bu rənglərə və əlamətlərə malik olmadığına baxmayaraq, əcdadların xüsusiyyətlərinə belə bir geri dönüş tendensiyasının olması üçün, güman olunan çoxsaylı əcdadların hamısının çöl göyərçini ilə eyni rəngə və onunla eyni əlamətlərə sahib olduğuna inanmalıyıq. Ya da, ikincisi, hər bir sortun— hətta ən saflarının belə—son on, ya da uzağı iyirmi nəsildə çöl göyərçini ilə çarpazlaşdığına inanmalıyıq; on və yaxud iyirmi ona görə ki, balaların daha uzaq əcdadlarına dönməsi müşahidə olunmamışdır. Hansısa uzaq bir sortla sadəcə bir dəfə çarpazlaşdırılan sortda, hər yeni nəsilə yad qan get-gedə azalacaq; lakin heç bir çarpazlaşma olmayıbsa və hər iki valideyndə əcdadlara dönüş tendensiyası varsa, bu tendensiya, azalmadan qeyri-müəyyən sayda gələcək nəsillər boyu ötürülə bilər. Bu iki fərqli geri dönüş mexanizmi irisiyyətlə bağlı traktatlarda qarışdırılır.

Son olaraq, əhliləşdirilmiş sortlardan gələn hibrid və yaxud mələzlərin hamısı tamamilə məhsuldardır. Bilərəkdən ən fərqli sortlar üzərində apardığım müşahidələrə əsasən deyə bilərəm ki, *tamamilə fərqli* iki heyvanın balalarının məhsuldar olduğu bir nümunə göstərmək çox çətin, bəlkə də imkansızdır. Bəzi müəlliflərə görə, uzun müddət əhliləşdirmə sonsuzluğa olan güclü tendensiyanı aradan qaldırır; heç bir dəlillə isbatlanmış olmasa da, itlərin tarixindən yola çıxaraq, çox yaxından əlaqəli növlərə şamil edildiyi zaman, bu hipotezin müəyyən qədər inandırıcı olduğunu qəbul edirəm. Lakin hipotezi ingilis poçt göyərçininin, mayallaq, iri, tikanlı, şişman

və yelpikquyruq göyərçin kimi tamamilə fərqli əcdadlardan gələn növlərin *inter se* (öz aralarında) məhsuldar bala verə biləcəyini iddia edəcək qədər uzağa aparmaq, mənə həddən artıq inanılmaz gəlir.

Sadalanan səbəbləri, daha dəqiq desək, insanın yeddi və ya səkkiz fərqli göyərçin növünü əhliləşdirib, rahat çoxalmalarını təmin edə biləcəyinin mümkünsüzlüyünü; bu növlərin vəhşi versiyalarının bilinmədiyi və heç yerdə təbiətə qayıdıb, vəhşiləşmədiyini; bu üzvlərin Columbidae ailəsinin digər üzvləri kimi bəzi cəhətlərinə görə öxünəməxsus, lakin bir çox xüsusiyyətləri baxımından çöl göyərçininə çox oxşadığını; həm saf saxlandıqda, həm də çarpazlaşdırıldıqda bütün sortlarda göy rəngin və bəzi əlamətlərin əmələ gəldiyini; mələz balaların tamamilə məhsuldar olduğunu nəzərə alaraq, bütün əhliləşdirilmiş sortların Columba livia'dan və onun müxtəlif coğrafi altnövlərindən törədiyinə şübhə edə bilmirəm.

Bu fikrə sübut olaraq əlavə edə bilərəm ki, birincisi, *C. livia* və yaxud çöl göyərçininin Avropa və Hindistanda əhliləşdirilə bildiyi göstərilmişdir; və bu göyərçinlər vərdiş və quruluş baxımından bütün əhliləşdirilmiş sortlarla uzlaşmaqdadır. İkincisi, ingilis poçt göyərçini və mayallaq göyərçin bəzi xüsusiyyətlərinə görə çöl göyərçinlərindən həddən artıq fərqlənsələr də, bu sortların, xüsusilə də başqa uzaq ölkələrdən gətirilmiş altsortlarını müqayisə etsək, çöl göyərçinləri ilə onlar arasında bir cərgə yaratmaq olar. Üçüncüsü, çox vaxt sorta xas olan bu xüsusiyyətlər, məsələn, poçt göyərçininin pipiyinin və dimdiyinin uzunluğu, mayallaq göyərçininkinin qısalığı, yelpikquyruğun quyruq lələklərinin sayı, hər bir sortda diqqətə dəyər dərəcədə dəyişgəndir; və bunun niyə belə olduğu, Seçmədən bəhs edəndə aydın olacaq. Dördüncüsü, göyərçinlər böyük qayğı ilə saxlanılır və bir çox insan tərəfindən sevilir. Onlar dünyanın müxtəlif yerlərində min illərlə əhliləşdiriliblər; Professor Lepsius'un şəxsimə verdiyi məlumat əsasən, göyərçinlərlə bağlı əlimizdə olan ən qədim sübut e.ə. 3000 il bundan əvvəl, beşinci Misir sülaləsinin vaxtına gedib çıxır; lakin Cb. Birch'ə görə göyərçinlər daha əvvəlki sülalənin yemək siyahısında göstərilmişdir. Pliny'dən eşitdiyimizə görə, romalıların vaxtında, göyərçinlər çox bahaya satılırdılar; "hətta işlə o qədər həşir-nəşir olmuşdular ki, axırda onların nəsil ağaclarına və çeşidlərinə qədər gedib çıxdılar." 1600-cü illərdə, göyərçinlər Hindistanda Əkbər xan tərəfindən çox dəyərləndirildilər; saraydakı göyərçinlərin sayı heç vaxt 20,000-dən az olmurdu. Bir saray tarixçisinin sözlərinə görə "İran və Turan padşahları ona nadir quşlar göndərirdilər" və "Zati Aliləri əvvəllər istifadə olunmamış metodla sortları çarpazlaşdıraraq, inanılmaz dərəcədə inkişaf etdirirdi." Elə bu dövrlərdə, hollandlar da qədim romalıları kimi

göyərçinlərə həvəsli idilər. Seçmə məsələsindən söhbət açanda, bu faktların göyərçinlərin keçirdiyi inanılmaz dəyişiklikləri anlamaqda vacibliyi aydın olacaq. Sortların necə olur ki, bir qədər anormal sayıla biləcək xüsusiyyətlərə sahib olduğunu da görəcəyik. Dişi və erkək göyərçinlərin ömürlük cütləşməsi, fərqli sortların istehsalı üçün əlverişli haldır; və bununla da, fərqli sortları eynü quş damında saxlamaq mümkündür.

Əhliləşdirilmiş göyərçinlərin mümkün mənşəyi haqda yetəcək qədər olmasa da, müəyyən qədər söhbət açdıq; çünki ilk dəfə göyərçin saxlayıb, müxtəlif çeşidləri ilə maraqlanmağa başlayanda, nə qədər saf çoxaldıqlarını bildiyimdən, hər bir təbiətşünasın təbiətdəki alacəhrə ya da başqa böyük quş qrupları ilə bağlı oxşar nəticələrə gəldiyi zaman çəkkə biləcəyi kimi, mən də, göyərçinlərin orta əcdaddan gəldiyinə inanmaqda çətinlik çəkirdim. Bir məsələ məni çox heyrətə saldı; danışdığım və ya traktatlarını oxuduğum bütün heyvandar və bağbanlar, saxladıqları sortların fərqli əcdad növlərdən gəldiyinə inanırlar. Mənim elədiyim kimi, Hereford sığırı yetişdirən, adlı-sanlı bir maldardan soruşun görün onun sığırı uzun buynuzlu soydan gələ bilərmi; sizə cavab olaraq, alçaldıcı şəkildə güləcəm. Bütün əsas sortlarının fərqli növlərdən gəldiyinə inanan göyərçin, toyuq, ördək və yaxud dovşan həvəskarına hələ rastlamamışam. Armudlar və almalar üzərinə yazdığı traktatında Van Mons, bir neçə sortun, məsələn, Ribston-pippin və ya Codlin almasının eyni ağacın toxumlarından gəldiyinə necə inanmadığından danışır. Bunun kimi saysız-hesabsız misallar göstərmək olar. Məncə bunun səbəbi çox sadədir: onlar uzun müddətli çalışmanın nəticəsində, müxtəlif çeşidlər arasındakı fərqliliklərdən çox təsirləniblər; və hər bir çeşidin digərlərindən azacıq fərqləndiyini bilsələr də—ki, bu fərqlilikləri seçərək, yanşmalardan mükafatlar alırlar—bütün ümumi arqumentləri heçə sayaraq, kiçik fərqliliklərin nəsillər boyu üst-üstə gəlib, yığıldığını qəbul etmirlər. İrisiyyət qanunlarını heyvandarlardan daha az bilən və uzun mənşə zəncirinin aralıq həlqələrini onlardan çox bilməyən, buna baxmayaraq, əhliləşdirilmiş sortların eyni əcdaddan gəldiyini qəbul edən təbiətşünaslar, təbiətdəki növlərin digər əcdad növlərdən birbaşa törəməsi ideyasını lağa qoyanda, diqqətli olmaları üçün xəbərdir edilməli deyillərmi?

Mənbələr

1. Darwin, C. R. (1975). *On the origin of species*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 17-29.
2. Darwin, C.R. (1868). *The Variation of Animals and Plants under Domestication (1st ed.)*. London: John Murray.



**Bizi birləşdirən, eyni
zamanda, fərqləndirən
dəyər: DNT İkili Sarmalı
(2-ci Hissə)**

SADIQ NİFTULLAYEV

Şəkil 1. Rosalind Franklin Tuscan landşaftının fonunda (Müəllif: Vittorio Luzatti).

Budur, yoldaş oxucu, söz verdiyimiz kimi, gəldik çıxdıq hekayəmizin sonuncu— ikinci hissəsinə. Əvvəla, hekayəmizin yarısının bir, digər yarısının isə, növbəti sayda nəşr olunmasına görə həvəsinizi itirməyib, səbrlə davrandığımız üçün, sizə minnətdarlığımızı bildirmək istərdik. Minnətdarlıq əlaməti olaraq da, ikinci hissəni nə estetik gözəllik, nə də ağıl-kamal cəhəttən kasadlıq yaşamayan bir xanımın bu valeh edici şəkli ilə başlayırıq.

Ümidvarıq ki, ötən saydan bu sayə Chase'in acı taleyindən tutmuş, DNT-nin fosforla aşılıb daşan tərkibinə, habelə, evində oturduğu yerdə "başına bomba düşmüş" Frederick'dən ta Hershey-Chase təcrübəsindəki mətbəx blenderinədək bir çox detal barədə düşünmək imkanınız olub. Olmayıbsa da eyib etməz! Bu məqaləni də oxuyub beyninizdə DNT-nin tarixi barəsində tam bir rəsm formalaşdırdıqdan sonra, iki məqalənin də detallarını birgə götür-qoy edərsiz olub-bitər — təbii ki, bu könlünüzdən keçirsə. Qeyd etmək lazımdır ki, uca elm yalnız onu sevib, ona həvəslə yanaşdıqda, öz qapılarını üzümüzə tayba-tay açır.

Nəysə, yubanmadan keçid ala q iki zənciri bir-birinə dolanmış bu DNT molekulunun hekayesinin ardını nəql etməyə. Kiçik bir xatırlatma edib deyək ki, məqalənin ilk hissəsinin sonunda Hershey-Chase təcrübəsindən və bu təcrübənin DNT-nin irsiyyətin daşıyıcı olmasını sübut etməsindən danışıb, Chase'in "Nobelsiz qalmasından" gileylənmişdik. İndisə, görək adı çəkilən təcrübənin üzə çıxardığı, qızıldan qiymətli (ən azından bioloqlar üçün) bu tapıntı o vaxtkı biologiya aləminə necə təsir göstərdi.

DNT-nin quruluşu: bəxtəvər Watson və Crick, bəxtsiz Rosalind

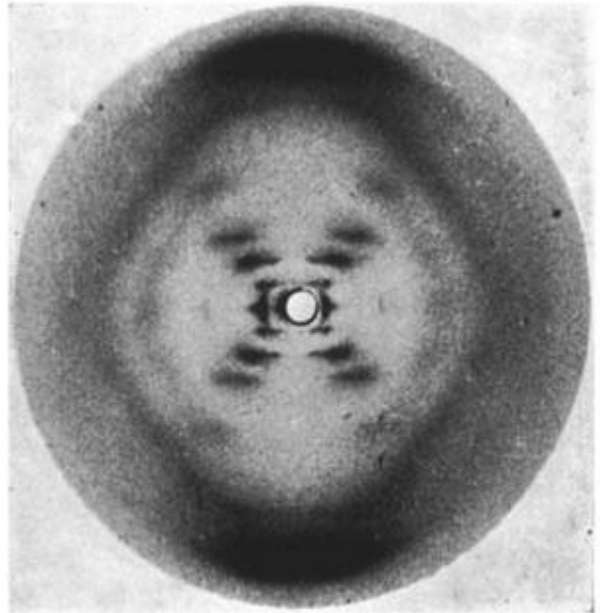
1944-cü ildə, Avery tərəfindən çap olunan məqalənin qədrini bilən bir başqa alim isə, Columbia Universitetinin tibb məktəbində biokimya professoru olaraq çalışan, nazi hərəkətinə görə Birləşmiş Ştatlara köçmüş, avstriya-macar əsilli Erwin Chargaff idi (Şəki 2). Avery'nin məqaləsindən dərinədən təsirlənən Chargaff, Levene'nin DNT ilə bağlı tapıntılarını daha da genişləndirir, o cümlədən, səliştləşdirir. Belə ki, o, ilk öncə, müxtəlif növlərin DNT-sini araşdırır və Levene'in tetranükleodit fərziyyəsinin əksinə olaraq, fərqli növlərin DNT-sində nükleotidlərin tamam fərqli şəkildə sıralandığını fərqiinə varır. Bundan əlavə olaraq, o, müşahidə edir ki, DNT-nin bəzi xassələri, hansı növün öyrənilməsindən ası-



Şəkil 2. Erwin Chargaff (Müəllif: Christian Fischer).

lı olmayaraq, daim sabit olaraq qalır: məsələn, hər bir DNT molekulunda A'ların ümumi sayı T'lərin ümumi sayına, C'lərin ümumi sayı isə, G'lərin sayına bərabərdir. Başqa sözlə, $A+G = T+C$. Bu son mülahizə biologiya tarixinə Chargaff qaydası olaraq keçir. Heyf ki, Chargaff özü öz mülahizələrinə məntiqi açıqlama gətirə bilmir.

Bu ərəfələrdə, Londonun King's Kolləcində, aralarındakı şəxsi münasibət bir o qədər də yaxşı olmayan Rosalind Franklin və Maurice Wilkins (Şəkil 7) X-şüası kristalloqrafiyası (ing. *X-ray crystallography*) vasitəsilə DNT-nin quruluşunu öyrənməyə çalışırdılar (Şəkil 7). Bu metoddan istifadə edərək, Rosalind DNT molekulunun, sonralar çox məşhur olacaq, "Fotoqraf 51"ni (Şəkil 3) əldə edə bilmişdi. Metodla yaxından tanış olan Rosalind DNT molekulunun sarmal formada olduğunu



Şəkil 3. Rosalind'in X-şüası kristalloqrafiyası metodu vasitəsi ilə əldə etdiyi və sonradan Watsona DNTnin quruluşunun ideyasını verən məşhur "Fotoqraf 51" (Mənbə: Wikipedia; müəllif: Raymond Gosling)

asanlıqla təxmin edə bilmişdi. O, King's Kollecdə verdiyi və sonradan DNT molekulunun quruluşunu dəqiqliklə təxmin edəcək iki şəxsdən biri olan James Watsonun (Şəkil 7) da iştirak etdiyi leksiya da, öz tapıntısını nümayiş etdirir. Lakin, Watson leksiya zamanı Rosalind'in dediklərinə tam diqqət yetirmir (o, sonradan öz yazılarının birində, bunu etiraf edir və, hətta, qeyd edir ki, bu səbəbdən, o, leksiyanın məğzini həmkarı Francis Crick'ə (Şəkil 7) dəqiqliklə çatdırı bilməmişdir). Ancaq, elimizin gözəl bir məsəlində də vurğulandığı kimi, “olacağa çarə yoxdur”. Bir müddət sonra, Wilkins, Rosalind'dən xəbərsiz olaraq, sonuncunun X-şüası kristaloqrafiyası vasitəsi əldə etdiyi DNT fiqurlarını Watson ilə bölüşür. Yenilikcə Chargraffın qaydaları ilə tanış olmuş Watson, Crick ilə birgə, DNT molekulunun ikili sarmal zəncirdən ibarət olduğunu irəli sürürlər. Onlar, eyni zamanda, iki zəncirin bir-birinə əks istiqamətdə yer aldığını (antiparalel olduğunu) iddia edirlər.

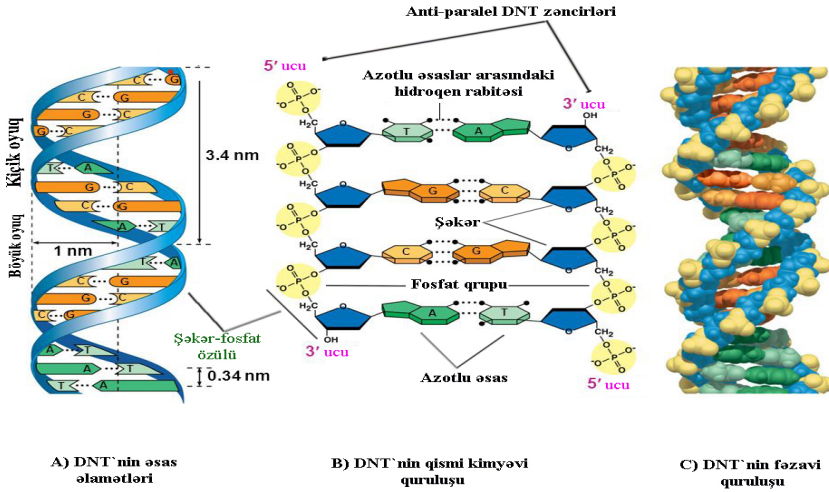
Bu modelə Chargraffın $A+G = T+C$ qaydasını əlavə edən cütlük, bunun A'ların T'lərlə, G'lərin də C'lərlə cütləşdiyi (rabitə qurduğu) mənasına gəldiyini başa düşür. Beləcə, onlar özləri ilə eyni zamanda DNT molekulu üçün alternativ model irəli sürən amerikalı biokimyəçi (1954-cü ildə Kimya sahəsindəki uğurlarına, 1962-ci ildə isə Sülh sahəsindəki aktivliyinə görə Nobel mükafatı ilə təltif olunmuş və bunu iki fərqli zamanda, iki fərqli sahədə edən — Marie Curie'dən savayı— yeganə şəxs olan)¹ Linus Pauling'in modelindən daha dəqiq sayılan “DNT İkili-Sarmalı” modelini irəli sürürlər (Şəkil 4 və 5). Wilkins - Rosalind və Watson - Crick cütlükləri, *Nature* jurnalının 1953-cü il 25 aprel sayında, ayrı-ayrılıqda DNT molekulunun quruluşuna dair, iki məqalə çap edirlər (yəqin ki, indi, ötən sayımızdakı məqalənin başlanğıcında yer alan şəkildəki

iki “centlmenlərin” kim olduğunu başa düşdünüz). Bu məqalələr, biologiya elminin axımında inqilabı dəyişikliklər etməklə yanaşı, sadələşdiyimiz dörd elm adamından üçünə (Rosalind xaricində), 1962-ci ildə, Fiziologiya və Tibb səhələrində təltif olunan Nobel mükafatını bölüşmək imkanı verdi. Yəqin deyirsiniz, “Bəs Rosalind bajımız?”. Əfsuslar olsun ki, Rosalind, 1958-ci ildə, 37 yaşında, yumurtalıq xəçəngi nəticəsində vəfat edir. Nobel komitəsinin qanunlarına əsasən isə, Nobel yalnız həyatda olan şəxslərə təqdim olunur. Ümumilikdə, Watson tərəfindən də dəfələrlə qeyd edildiyi kimi, onlar (söhbət Wilkins, Watson, və Crick'dən gedir) Rosalind'ə qarşı daim təkəbbürlü davranırmışlar. Görünür, nəinki onun həmkarları, hətta “ölüm tanrısı” belə Rosalind'ə qarşı mərhəmətsiz imiş: bəlkə bu onun cinsiyyətə digər



Şəkil 4. DNTnin fəzavi quruluşu— Watson və Crick tərəfindən hazırlanmış orijinal maket (Mənbə: Elm Muzeyi, Birləşmiş Krallıq).

¹ Frederick Sanger (1956 və 1972) və John Bardeen (1958 və 1980) müvafiq olaraq, fizika və kimya sahələrində iki dəfə Nobel mükafatı alaraq tarixə keçən digər iki alimdir. Lakin, tarixlərdən də görüldüyü kimi, L. Pauling bu göstəricidə hər iki alimi qabaqlamışdır.



Şəkil 5. Ondan daha artıq alimin köməkliyi ilə, Watson və Crickin irəli sürdüyü DNT ikili sarmal modeli (Müəllif: Benjamin Cummings, Pearson Education Inc.).

üç alimdən fərqlənməsindən irəli gəlirdi, kim bilir?! Xoşbəxtlikdən, müasir dövrdə, həm elm, həm də qeyri-elm sektorlarında, üç kişi həmkarından və o vaxtki elmi cəmiyyətdən fərqli olaraq, Rosalindin əməyi daha geniş qiymətləndirilir. Məsəl üçün, 2015-ci ilin sentyabr ayında, London şəhərində, Anna Ziegler tərəfindən yayılmış Photograph 51 tamaşası səhnəyə qoyulub (Şəkil 6). Tamaşada, Rosalindin Kings Kollecdəki işindən danışılır. Rosalind rolunu isə Nicole Kidman ifa edir. Yəni ki, insanlıq hələ də ölməyib... Nəyəsə, davam edək!

Ötən illər ərzində, DNT İkili-Sarmalı modeli bir sıra dəyişikliklərə/əlavələrə məruz qalsa da, onun dörd əsas xüsusiyyəti hələ də öz aktuallığını qoruyub saxlayır.

DNT molekulu hidrogen rabitələri² ilə birləşən iki-zəncirli sarmaldır. Bu sarmalda, A – T və C – G cütlükləri dəyişməzdirlər.

- 1) Əksər DNT molekulu sağa-burulan (ing. *right-handed*) sarmaldır (Z-DNA xaricində).
- 2) İki DNT zənciri bir-birinə antiparaleldir.

² Hidrogen rabitələri, ən güclü molekullar-arası rabitələrdən biri olub, H daşıyan molekullarla oksigen (O) və flüor (F) daşıyan molekullar arasında əmələ gəlir (Bəşirov, 2016)

3) DNT molekulunda yer alan azotlu əsaslar nəinki öz aralarında hidrogen (H) rabitələri qurmağa qadirdir, onların, həmçinin, kənar qismləri ilə— DNT molekulunun fəzəvi quruluşunda əlçatan formada yerləşdiklərindən— əlavə hidrogen rabitə(ləri)si qurmaq qabiliyyətinə malikdirlər. Bu da, öz növbəsində, zülallar kimi digər bir sıra vacib molekulların, müxtəlif məqsədlərə, DNT molekulu ilə əlaqə qurmasını asanlaşdırır (Şəkil 5.).

Könül istərdi ki, həm Chase həm də Rosalind layiq olduqları hörməti vaxtında qazandırdılar, bizdə yazımıza daha nikbin notlarla davam edərdik, amma, həyat heç də həmişə bizim könlümüzü razı salmaqla məşğul olmur. Yəni də, biz bədbin olmayaq! Əgər, bu gün, 9 milyonluq əhalisi olan Azərbaycandan çıxan bir kəs bu iki nümunəvi xanımın adlarını hörmətlə yad edərsə, demək ki, onlar, artıq çox şeyə nail olublar. Hər şey bir yana qalsın, onlar bütün bunları etməsə idi, mən də sizinlə bölüşməyə mövzu tapmazdım. Təşəkkürlər, Martha Chase və Rosalind Franklin!

Əslində, Watson və Crick'in



Şəkil 6. London şəhərində yerləşən Noel Cöüard Theatrèin fasadında Photograph 51 tamaşasının afişəsi (Mənbə: Wikipedia)



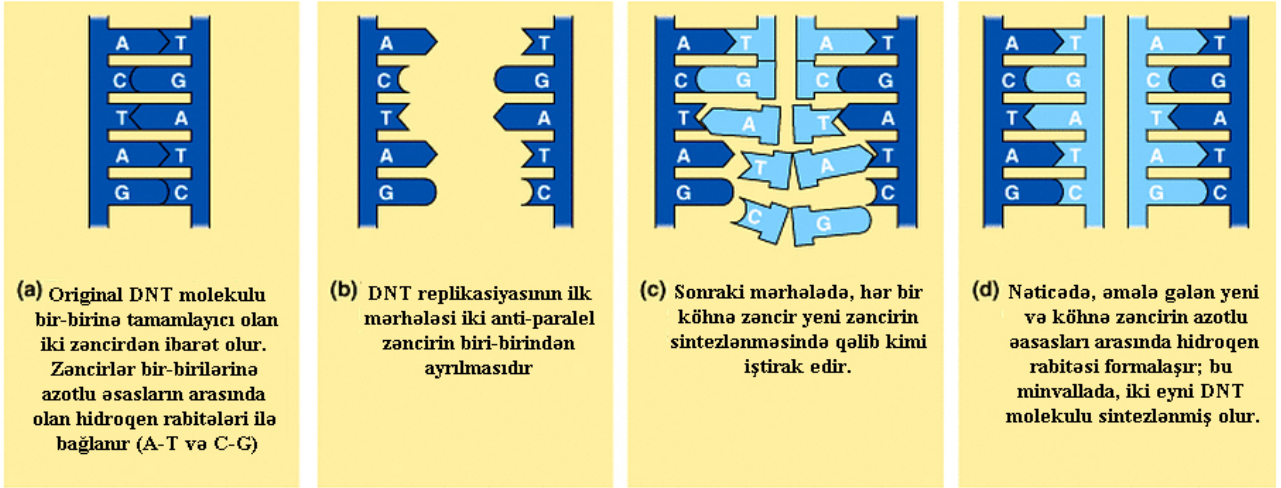
Şəkil 7. DNT cəngavərləri: (soldan sağa) F. Crick, J. Watson, F. Rosalind, M. Wilkins və L. Pauling (Mənbə: Yeah I Made It)

Bu hələ harasıdır?! DNT replikasiyası barədə ilkin fərziyələr.

Təbii ki, içi sirlərlə dolu olan DNT molkelunun üzərində aparılan araşdırmalar tək-cə onun fəzavi quruluşunun kəşfi ilə sonlana bilməzdi. İndi (1953-cü ildən sonra), alimləri başqa bir mövzu maraqlandırır— DNT molekulu necə *replikasiya* olunur? yəqin razılaşarsız ki, bu suala cavab tapmaq məqsədi ilə alimlərin DNT-nin başına açdığı oyunlardan danışmazdan əvvəl, replikasiya prosesin özü barədə bir az məlumat əldə etmək heç də pis olmazdı.

DNT replikasiyası hər hansısa hüceyrənin, hüceyrə bölünməsindən əvvəl, öz DNT-sini kopyaladığı prosesdir. Prosesin nəticəsində, hüceyrənin bütün genomunun, yüksək dəqiqliklə, “nüsxəsi çıxarılır” (Şəkil 8). Əmələ gələn nüsxələr hüceyrə bölünməsi nəticəsində yaranan iki yeni hüceyrəyə bərabər şəkildə ötürülür. Bəzi hallarda, DNT replikasiyası hüceyrə bölünməsi ilə müşahidə olunmur və beləcə normadan daha çox DNT/xromosom dəstinə sahib hüceyrə formalaşır (məsələn, drozofil milçəyinin tüpürcək vəzilərindəki politen xromosomlar). 1953-cü ildə, Watson-Crick və Rosalind-Wilkins cütlüklərinin DNT ilə bağlı elmə bəxş etdikləri töhvələrdən sonra, DNT molekulunun strukturu artıq hamı üçün aydın idi. Belə olduqda, təbii ki, bu molekulun irsiyyəti necə daşdığı, necə kopyalandığı və s. kimi oxşar məsələlər bütün biologiya aləmini düşündürürdü. Lakin, keçmişə nəzər saldıqda görürük ki, DNT replikasiyasının bir sıra əsas məqamları sonrakı illərdə, tədricən kəşf olunacaqdı (1956- A. Kornberg və həmkarlarının DNT-polimerazanı kəşf etməsi; 1966- R. Okazaki və həmkarlarının Okazaki fraqmentlərinə aydınlıq gətirməsi və s.). Detallarına tam hakim olmadıqları üçün, alimlər replikasiya prosesinin dərinliklərini deyil, fundamental mexanizmasını aşkarlamağa çalışırdılar.

irəli sürdüyü model əvvəlki abzasda qeyd olunmuş suala müəyyən mənada aydınlıq gətirirdi. Watson və Crick DNT molekulundakı azotlu əsasların yalnız A-T və G-C şəklində cütləşməsinin bu molekulun replikasiyası zamanı vacib rol oynaya biləcək bir məqam olduğundan agah idilər. Bunu onların 1953-cü ildə nəşr etdiyi məqalədə də görmək mümkündür: “... Bu struktur bioloji cəhətdən kifayət qədər maraqlı olan yeni əlamətlərə sahibdir. Bu bizim diqqətimizdən yayınmayıb ki, bizim irəli sürdüyümüz xüsusi cütləşmə, genetik material üçün, yerindəcə mümkün bir kopyalama mexanizması təklif edir...”. Gecikmədən, Watson və Crick işə qoyulur və mümkün DNT replikasiyası mexanizması üzərində baş sındırmağa baş-



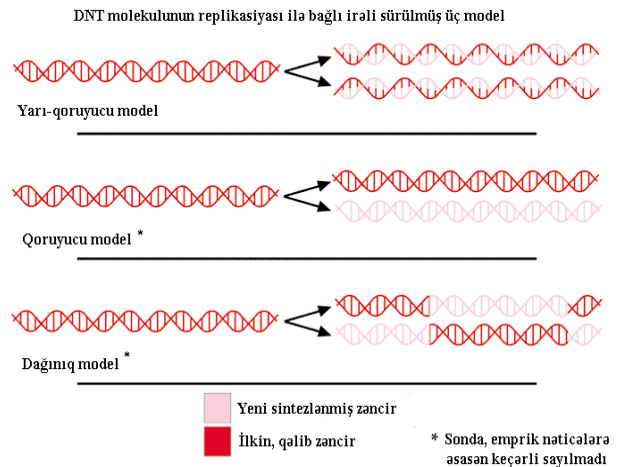
Şəkil 8. DNT replikasiyasının sadələşdirilmiş sxemi (Mənbə: Benjamin Cummings, Pearson Education Inc.)

layırlar. Onların qənaətinə, replikasiya zamanı, mövcud DNT molekulunun zəncirləri, gələcək DNT molekulalarının zəncirlərinin sintezi üçün qəlib rolunu oynayır. Müvafiq olaraq, cütlük yarı-qoruyucu (ing. *semi-conservative*) DNT replikasiyası modelini irəli sürür. 1950-ci illərin ortalarında, bu mövzu ilə əlaqədar daha iki alternativ fərziyyə mövcud idi: qoruyucu (ing. *conservative*) və dağınıq (ing. *dispersive*) DNT replikasiyası. Gəlin bu fərziyyələrə ayır-ayrılıqda, qısaca nəzər salaq (Şəkil 9).

Qoruyucu DNT replikasiyası: Bu fərziyyəyə əsasən, ilkin replikasiya mərhələsindən sonra əmələ gələn iki DNT molekulunun biri yalnız təzə, digəri isə yalnız köhnə zəncirdən ibarət olur. İkinci replikasiya mərhələsindən sonra isə, əmələ gələn dörd DNT molekulundan yalnız biri (yəni 25%-i) köhnə zəncirdən ibarət olur, yerdə qalan üç molekul isə (yəni 75%), tamamilə yeni zəncirdən təşkil olunur. Belə davam etdikdə, hər bir replikasiya prosesindən sonra, mövcud “köhnə DNT molekulunu”nun sayı sabit qalsa da (yalnız bir), faizi azalır. Başqa deyişlə, vaxt keçdikcə, “köhnə DNT molekulunu”nun “yeni DNT molekuluna”na nisbəti kiçilir. Bu modelin qoruyucu olaraq adlandırılmasının səbəbi odur ki, modelə əsasən, ard-arda baş verən çox saylı replikasiyalar nəticəsində, əmələ gələn DNT

molekulları, ya tamamilə köhnə, ya da tamamilə təzə zəncirdən təşkil olunur; yəni, ilkin DNT molekulu sonadək qorunub saxlanılır.

Yarı-qoruyucu DNT replikasiyası: Watson və Crick tərəfindən irəli sürülmüş bu fərziyyəyə əsasən, ilkin replikasiya prosesindən sonra əmələ gələn hər bir DNT molekulu bir yeni, bir də köhnə



Şəkil 9. 1950-ci illərin ortalarında DNT replikasiyasının təməl mexanizmi olaraq irəli sürülmüş üç model (Mənbə: Wikipedia).

zəncir daşıyacaq, sadə şəkildə desək, hibrid olacaq. Bunu müshidə edən replikasiya prosesi isə, ikisi hibrid, ikisi də tamamilə yeni olmaqla dörd DNT molekulunun sintezinə səbəb olacaq. Bu minvalla, hər keçən replikasiya raundundan sonra, hibrid DNT-nin ümumi DNT-yə olan nisbəti kiçilir. Modelinin adının mənbəyi isə əmələ gələn hər bir yeni DNT molekulunun zəncirlərindən birinin köhnə, digərinin isə yeni olmasıdır; yəni, ilkin DNT molekulu yalnız qismən qorunur.

Dağınıq DNT replikasiyası: Bu fərziyyəyə alman-amerikan biofiziki Max L. H. Delbrück tərəfindən irəli sürülmüşdür. Əgər ötən saydakı məqalə hələ də neyronlarınız bir yerinə tutunub beyninizdə məskən salmağı bacarıbsa, xatırlayacaqsınız ki, bu Delbrück o Delbrück'dür ki, 1969-cu ildə, S. Luria və A. Hershey ilə birgə, Tibb və Fiziologiya sahələrində, Nobel'ə layiq görülmüşdü. O, iddia edirdi ki, hər bir replikasiya prosesi zamanı, DNT molekulu fraqmentlərə (hissələrə) bölünür və bu hissələrdən yeni DNT molekulu əmələ gəlir. Qısaca, yarı-qoruyucu modeldəki kimi, burda da əmələ gələn DNT molekulu hibrid olur. Lakin, yarı-qoruyucu modelin əksinə olaraq, ikinci replikasiya dan sonra əmələ gələn DNT molekullarından yalnız ikisi yox, hamısı hibrid formada olur. Belə ki, dağınıq modelin doğruluğuna inansaq, görərik ki, tamamiylə yeni zəncirdən ibarət DNT molekulu əldə etmək üçün bizə kifayət qədər çox replikasiya sikli lazımdır.

Meselson-Stahl təcrübəsi və onun nəticələri.

Matthew Meselson və Franklin Stahl yuxarıda qeyd edilmiş üç modeldən hansının həqiqəti əks etdirdiyini üzə çıxarmaqda qərarlı olan alimlərdən ikisi idi (Şəkil 10). Meselson L. Pauling məktəbini keçmiş amerikalı genetik və molekulyar biolog idi. 1957-ci ilədək, o, California Texnologiya İnstitutunun bakteriyofaq heyətinin tərkibində araşdırma aparırdı. Burada, o, J. Vinograd ilə birgə molekul arasıdakı ən kiçik sıxlıq fərqi belə həssas olan *tarazlıq-sıxlıq qradient sentrifugasiyası* (ing. *equilibrium-density gradient centrifugation*) metodunu təkmilləşdirir. Bu metod Meselson'un Stahl ilə birgə aparacağı təcrübənin təməlini təşkil edirdi. Stahl isə, karyerasını bakteriya genetikası və T4 bakteriofaqaları üzərində qurmuşdu. İkili, 1957-ci ildə, sonralardan "biologiyanın ən gözəl təcrübəsi" kimi tanınacaq, tarixi Meselson-Stahl təcrübəsinə öz imzalarını atacaqdı.

Şəkil 10. DNTnin bu günkü şanı borclu olduğu daha iki alim Franklin Stahl



(solda) və Matthew Meselson (sağda) (Mənbə: Meselson M., 2004)

Meselson və Stahl üçün başlıca hədəf "köhnə DNT-ni" "yeni DNT-dən" fərqləndirməyin yolunu tapmaq idi. Onlar bilirdilər ki, bunun mümkün olduğu təqdirdə, replikasiyanın necə baş verdiyinə dair təcrübələr dizayn etmək olar. Elementlərin izotoplarının bir sıra təcrübələrdə uğurlu istifadəsindən xəbərdar olan Meselson və Stahl, mövcud üç replikasiya modelinin test edilməsində bu metoda (izotoplardan istifadəyə) arxalanmaq qərarına gəlirlər. Sonda, ikili azot (N) elementin iki fərqli izotopunu istifadə etməkdə ortaq məxrəcə gəlirlər: ^{14}N və ^{15}N . ^{14}N təbiətdə daha çox rastlanılan azot izotopu olmaqla yanaşı,

çəkilə yüngüldür; ^{15}N isə, olduqca nadir tapılan azot izotopudur və çəkilə ağırdır. Təcrübələr üçün məhz azot elementinin izotopunun seçilməsindəki hikmət DNT-nin tərkibinin azotca zəngin olması idi. Belə ki, sözü gedən təcrübədə istifadə olunmaq üçün nəzərdə tutulan model orqanizm— *E. coli*— əvvəl yalnız ^{15}N tərkibli mühitdə, sonra isə, yalnız ^{14}N tərkibli mühitdə böyüdülcək, bu minvalla da, zaman oxu boyunca, bir hüceyrədən iki fərqli çəkiyə malik olan DNT molekulu əldə etmək mümkün olacaqdı: ^{15}N daşıyan ağır və ^{14}N daşıyan yüngül DNT (buradan etibarən, müvafiq olaraq ^{15}N -DNT və ^{14}N -DNT).

Yaxşı, bəs yalnız bir neutronla fərqlənən izotoplar daşıyan iki fərqli DNT-ni necə fərqləndirmək olardı? Əvvəla, nəzərə almaq lazımdır ki, bir DNT molekulun kifayət qədər çox azot atomu var. Bu isə, o demək idi ki, sonda əldə olunacaq ağır və yüngül DNT molekuluları arasında tutarlı miqdarda çəki fərqi olacaqdı. Qaldı ki bu fərqi əyani formada ölçə biləcək metod və ya texnikaya, bu vəzifənin yerinə yetirilməsi Meselson'la Vinograd'ın birgə əməyinin məhsulu olan tarazlıq-sıxlıq gradient sentrifüqasiyasına həvalə olunacaqdı. Qradianti təşkil edən molekul isə sezium xlorid (CsCl) idi. Bəli, bu qədər sadə: bir ovuc *E. coli*, iki növ azot izotopu və yenicə tərtib olunmuş sentrifüqasiya metodu. Bəs nəticə? Nəticə isə, 1930-50-ci illərdə, başı müqəddəs DNT ilə qarışıq olan biologiya aləminə daha bir hədiyyə idi: elə bir hədiyyə ki, bəzəkli lentlərini açib qurtarmaq hələ də alimlərə tam nəisib olmayıb.

Lazımı bütün şərtləri təmin edən Meselson və Stahl, çox keçmədən, planladıkları təcrübənin icrasına başlayırlar. Onlar ilk öncə, nəzərdə tutulduğu kimi, bakteriya hüceyrələrini yalnız ^{15}N daşıyan mühitdə çoxaltmaqla, bütün azot atomları ^{15}N olan ^{15}N -DNT molekulu əldə etməyə çalışırlar. Lakin, buna nail olmaq üçün cütlük 14-üncü bakteriya nəslini gözləməli olur: yalnız 14 nəsillə sonra, yalnız ^{15}N -DNT daşıyan bakteriya əldə etmək mümkün oldu. Sözü gedən bakteriya əldə olunduqdan

dərhal sonra, alimlər bu bakteriyaları ^{14}N daşıyan mühitdə becərməyə başlayır. İlki bakteriya hüceyrələrini ^{15}N mühitindən ^{14}N mühitinə keçirməzdən dərhal əvvəl olmaqla, Meselson və Stahl, sabit aralıqlarla, bölünməkdə olan hüceyrələrdən nümunələr alır, bu nümunələrdən DNT molekulunu ekstraksiya edir və əldə olunan DNT molekulunu CsCl tarazlıq-sıxlıq qradienti sentrifüqasiyası ilə, çəkisinə əsasən, ayırırdılar.



Şəkil 11. Matthew Meselson (yuxarıda, solda), Franklin Stahl (yuxarıda, sağda) və Martha Chase (aşağıda), 1954, Cold Spring Harbor Laboratories (M. Meselsonun lütfkarlığı ilə).

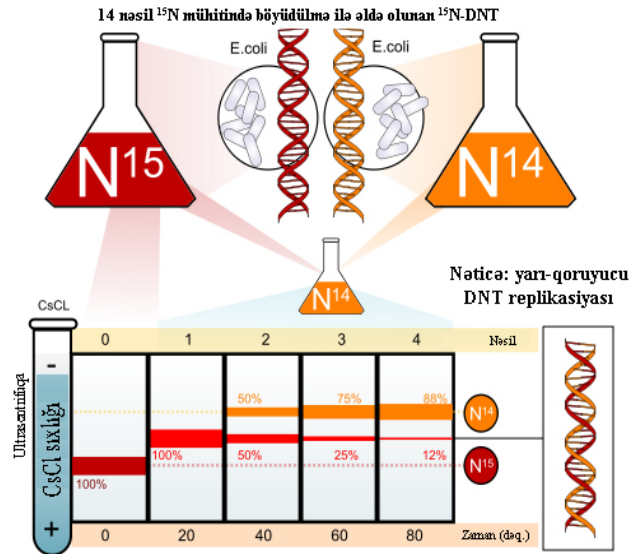
Düşünürəm ki, ərsəyə gələn nəticələr barədə danışmadan əvvəl bir az təcrübənin arxasında dayanandan sözsə, lap yerinə düşər. Deməli belə, 14 nəsillə ^{15}N mühitində çoxaldıqdan sonra hüceyrələr yalnız ^{15}N -DNT molekuluları daşıyır; bu o deməkdir ki, həmin hüceyrələrin DNT-si ^{14}N atomu daşıyan DNT-yə nisbətdə daha ağırdır. Bir başqa deyişlə, sentrifüqasiyadan sonra, daha uzaq məsafə qət edəcək. Yalnız ^{15}N -DNT daşıyan hüceyrələr ^{14}N mühitinə yerləşdirildiklərində, onların DNT-nin tərkibindəki ^{14}N tədricən artır, dolayısı ilə də, DNT-nin çəkisi tədricən yüngülləşir. Yəni, DNT-nin tərkibində ^{14}N nə qədər çoxdursa, DNT bir o qədər yüngüldür və DNT sentrifüqasiyadan sonra daha az məsafə qət edəcək (Şəkil 12).

İndi ki, təcrübənin təməl prinsipi barədə məlumat aldıq, nəticələri müzakirə etməyimiz üçün heç bir maneə qalmadı. Qeyd etdiyimiz kimi, ilk sentrifüqasiya yalnız ^{15}N -DNT daşıyan hüceyrələrdən əldə edilmiş DNT ilə aparılır. Nəticədə, yalnız bir intensiv DNT lenti təsbit edilir. ^{14}N mühitində ilk bölünmədən sonra alınan DNT molekulunun sentrifüqasiyası isə, yenə də yalnız bir intensiv DNT lenti üzə çıxarır, lakin bu lent daha aşağı çəkiyə müvafiq gəlirdi (yalnız ^{15}N -DNT və yalnız ^{14}N -DNT-lərinin təsbit edildiyi çəkilərin tam ortasında bir çəkiyə, yəni $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -DNT hibridinə). ^{14}N mühitindəki ikinci bölünmədən sonra isə, alimlər eyni intensivlikdə, iki fərqli DNT lenti müşahidə edirlər: yalnız ^{14}N -DNT və $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ -DNT hibridinə müvafiq lentlər. Bundan sonrakı bütün bölünmələrdən sonra, bu iki DNT lenti müşahidə olunmağa davam edir; fərq yalnız onda olur ki, getdikcə, hibrid lentin intensivliyi artır, ^{14}N -DNT lenti isə sönükdü (Şəkil 12). Deyəcəksiniz ki, "Lap gözəl, lap pakizə! Bəs indi biz bundan nə qənaətə gələk?". Çox da düzgün buyuracaqsınız. İlk saydakı yazımızda da qeyd etdiyimiz kimi, düzgün analiz edilməmiş datanın bir yığın cızmaqaradan heç bir fərqi yoxdur.

Meselson-Stahl təcrübəsinin analizi. DNT replikasiyasının sirrinin açılması. Tale yenə də Watson və Crick'in üzünə gülümsəyir.

Hələ təcrübənin icrasına başlamazdan əvvəl, Meselson və Stahl mövcud hər üç fərziyədən əldə oluna biləcək nəticələri ətraflı götür-qoy etmişdilər. Onlar güman edirdilər ki, dağınıq modelin doğru olduğu təqdirdə, ^{15}N mühitindən ^{14}N mühitinə keçid anından başlayaraq, sentrifüqasiya daim yalnız bir intensiv DNT lenti üzə çıxaracaq ki, bu da hər bölünmədən sonra (daha çox ^{14}N integrasiyasına görə) daha yüngül çəkiyə uyğun gələcək. Əgər qoruyucu model doğru idisə, o zaman, elə ilk bölünmədən sonra, bərabər intensivlikdə iki fərqli DNT lenti müşahidə olunacaqdı ki, bunlardan biri ^{14}N -DNT, digəri isə, ^{15}N -DNT molekulunun çəkinə uyğun gələcəkdi. Yox əgər yarı-qoruyucu model doğru idisə, bu halda, ilk bölünmə yalnız bir DNT

lenti üzə çıxaracaqdı və bu lent hibrid ($^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ -DNT) DNT-nin çəkinə müvafiq gələcəkdi; ikinci bölünmə isə, eyni intensivlikdə, lakin fərqli çəkilərdə (biri hibrid, digəri isə, ^{14}N -DNT molekuluna müvafiq olan) iki DNT lenti üzə çıxaracaqdı. Zaman ötdükcə, bu iki lent mövcudiyətini qoruyacaq, lakin lentlərin intensivliyi ^{14}N -DNT lehinə dəyişəcəkdi.



Şəkil 12. Sadə və bir o qədər də eleqant olan Meselson-Stahl Təcrübəsinin sadələşdirilmiş sxemi və nəticəsi (Mənbə: Wikipedia)

Budur, alimlərin əlində həm Meselson-Stahl təcrübəsindən əldə olunmuş əyani nəticələr var idi, həm də hər üç modelin bu təcrübəyə əsasən ortaya çıxara biləcəyi potensial nəticələr. Yekunda, Meselson və Stahl bakteriya hüceyrələrinin yarı-qoruyucu modelə əsasən bölündüyü qərarına gəlməkdə heç də əziyyət çəkmirlər; necə olsa da, nəticələrin bu modeli dəstəklədiyi göz qabağında idi. Beləcə, *DNT replikasiyasının təməl mexanizması nədir?* marafonunda finiş xəttinə büdrəmədən çatan fərziyyə məhz elə Watsonla Crickin yarı-qoruyucu modeli olur (Şəkil 12). O gündən bu günə, nəyinki sözü gedən mexanizma ən xırda detalları ilə təsvir olunub, o cümlədən, DNT-nin və DNT-yə əsasən sintezlənən bir çox RNT və zülal molekulları

nın yekun aqibəti, bu molekulların hüceyrədəki rolu, onların DNT ilə əlaqəsi və s. kimi bu yazıda sayıb qurtarmaq iqtidarında olmadığımız yeniliklərə, elm aləmi tərəfindən, işıq salınıb. Əgər “Eh, daha bizim kəşf edəcəyimiz bir şey qalmayıb!” deyə düşüncünüzə, onda heç narahat olmayın, çünki bütün bu elmi tərəqqiyə baxmayaraq, bildirdiklərimiz, hələ də bilmədiklərimizin cılız bir alt çoxluğudur.

Gələn məqalələrdə, yoldaş oxucu.

Mənbələr

1. Bəşirov, B. (2016). Mendeleyev və rus vodkaşı. *Elmi Spektr*, 1(3), 18-24.
2. Bell, S. P., & Dutta, A. (2002). DNA replication in eukaryotic cells. *Annual review of biochemistry*, 71(1), 333-374.
3. Bloch, D. P. (1955). A possible mechanism for the replication of the helical structure of desoxyribonucleic acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 41(12), 1058-1064.
4. Delbrück, M. (1954). On the replication of deoxyribonucleic acid (DNA). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 40(9), 783-788.
5. Hartl, D. L., & Ruvolo, M. (2011). *Genetics*. Jones & Bartlett Publishers.
6. Hartwell, L., Hood, L., Goldberg, M., Reynolds, A., Silver, L., & Veres, R. (2006). *Genetics: from genes to genomes*.
7. Freeland, J. H. (1979). The eighth day of creation: Makers of the revolution in biology.
8. Meselson, M. (2004). Explorations in the land of DNA and beyond. *Nature medicine*, 10(10), 1034-1037.
9. Pray, L. (2008). Discovery of DNA structure and function: Watson and Crick. *Nature Education*, 1(1).
10. Pray, L. (2008). Major molecular events of DNA replication. *Nature Education*, 1(1), 99.
11. Pray, L. A. (2008). Semi-conservative DNA replication: Meselson and Stahl. *Nature Education*, 1(1), 98.
12. Sugino, A., & Araki, H. (2006). Historical view of DNA replication studies, with special reference to Japan. *IUBMB life*, 58(5-6), 323-327.
13. Watson, J. D., & Crick, F. H. (1953). Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, 171(4356), 737-738.
14. Wright, P. (2002). Erwin Chargaff. *Guardian*, 16.

Əlavə mənbələr

1. DNA's Double Helix: 50 Years of Discoveries and Mysteries An Exhibit of Scientific Achievement. University of Buffalo Library. (library.buffalo.edu/exhibits/pdf/dna.pdf)
<http://www.dnaftb.org/19/bio-3.html>
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/1962/pauling-bio.html
<http://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/d053dn.html>

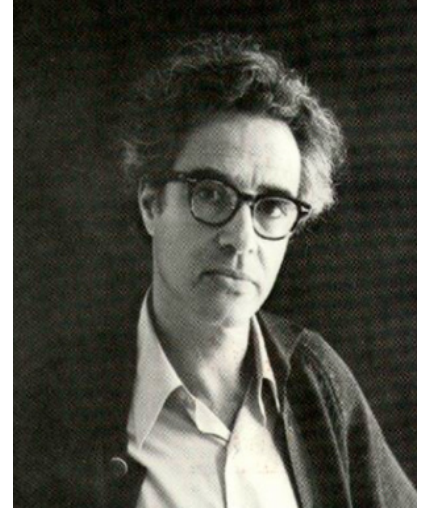
DİLİN ÖYRƏNİLMƏSİNDƏ KRİTİK DÖVRÜN ROLU

Nadir Şəfiyev

Müasir dövrdə xarici dillərin öyrənilməsinin əhəmiyyəti danılmazdır. Demək olar ki, hər birimiz ömrümüzün müxtəlif dövrlərində ikinci bir dil öyrənmə prosesi ilə üz-üzə qalmışıq. İnsanlar ikinci dili müxtəlif məqsədlər üçün öyrənsələr də, bir çoxlarımızın hədəfi ikinci dili o dilin daşıyıcısı kimi danışa bilməkdir. Bəs buna hansı dərəcədə müvəffəq olmaq olar? Bir insan ikinci dili öz ana dili kimi və ya o dilin daşıyıcısı kimi mənimsəyə bilərmi? Bu yazımızda yuxarıdakı suala dilçilik elminin prizmasından cavab verməyə çalışacağıq. Yazının sonuna doğru hər hansısa ikinci bir dili öyrənərkən həmin dili nə vaxtsa ana dili səviyyəsində mənimsəyə bilib bilməməyəcəyimizi və bunun səbəbini yaxından öyrənmiş olacağıq.

DİLÇİLİKDƏ KRİTİK DÖVR

Keçən yazıda da vurğulandığı kimi dilçilikdə bir dilin ana dili kimi mənimsənilməsinin mümkünlüyü bir yaş həddinə qədər deyil, bəli bir zaman diliminə görə səciyyələndirmişdir. Başqa sözlə ifadə etsək, hər bir insan həyatının müəyyən bir zaman dilimində (əlbəttə ki, yetəri qədər dillə təmas, doğru mənbələrdən öyrənmə kimi digər faktorlarda nəzərə alınaraq) hər hansı dili öz ana dili kimi öyrənə və həmin dilin daşıyıcısı ola bilər. Həmin zaman dilimi jurnalın əvvəlki sayında vurğulandığı kimi kritik dövr (KD) adlanır. Dilçilik elmində KD fərziyyəsi ilk dəfə Eric Lenneberg (1967) tərəfindən irəli sürülmüşdür. Onun fikrinə görə dilin mənimsənilməsi prosesi bioloji püxtələşmə ilə bilavasitə əlaqəlidir (1). Lenneberg dilin mənimsənilməsi üçün KD-nin ilkin körpəlik dövründən başlayaraq yetkinlik yaşına qədər davam etdiyini irəli sürmüşdür. Yetkinlik yaşı dedikdə o beynin öz plastikliyinə itirməsini nəzərdə tuturdu. Öz fərziyyəsini sübut etmək üçün Lenneberg, sonradan kar olan uşaqların anadan gəlmə kar olanlara nisbətən niqtlərinin inkişaf etdirilməsi təlimlərində daha uğurlu olduqlarını iddia edirdi. Güman edilirdi ki, sonradan kar olan uşaqlar həyatlarının ilkin dövrlərində danışdığı dilini müəyyən qədər eşidə bildikləri üçün onlar dili daha rahat öyrənə bilirdilər. Yəni, inkişafın kritik dövründə dilə məruz qalma beynin düzgün püxtələşməsi üçün vacibdir. Bundan əlavə, onun diltutulmasından (afaziya) əziyyət çəkən xəstələr üzərindəki müşahidələri də göstə-



Şəkil 1. Eric Lenneberg (mənbə: Wikipedia)

rirdi ki, diltutulmasından əziyyət çəkən uşaqlar, yetişkinlərə nisbətən müalicəyə daha tez reaksiya verirlər. Lenneberg'in bu fərziyyəsi bir çoxları tərəfindən tənqid atəşinə tutulsa da, onun vəfatından sonra həyata keçirilən bir çox təcrübələr dilin mənimsənilməsində kritik dövrün mövcudluğu barədə daha inandırıcı dəlillər ortaya qoymağa müvəffəq olmuşdur. Xüsusi ilə son dövrlərdə ikinci dilin mənimsənilməsinə/öyrənilməsinə aid araşdırmaların aparıldığı tətbiqi linqvistikada KD fərziyyəsi əhəmiyyətli yer tutur.

BİRİNCİ DİLİN MƏNİMSƏNİLMƏSİNDƏ KD-NİN ROLU

Lenneberg öz fərziyyəsini irəli sürəndə ilkin olaraq birinci dilin mənimsənilməsi prosesini

öyrənməyi hədəfə almışdı. Amma, bu fərziyyəni sübut etmək o qədər də asan məsələ deyildi, çünki demək olar ki hər kəs anadan olan kimi hər hansısa bir dilin təsirinə məruz qalır. Birinci dilin mənimsənilməsində KD-nin rolunu sübut edə bilmək üçün elə bir vəziyyət tələb olunurdu ki, yeni doğulmuş körpə yeniyetmə dövrünə qədərheç bir dilin təsirinə düşməsin. Əlbəttə ki, belə amansız bir təcürübəni həyata keçirmək etik baxımdan qeyri-mümkün olacağı üçün KD fərziyyə olaraq qalırdı. Ta o vaxta qədər ki, 1970-ci ildə ABŞ ictimaiyyətini şoka salan Genie hadisəsi baş verdi (2).



Şəkil 2. Genie (Mənbə: Wikipedia)

Genie doğulduqdan bir müddət sonra atası tərəfindən cəmiyyətdən tamamilə təcrid edilmiş və demək olar ki, 13 il müddətində heç bir insan nitqinə məruz qalmamışdır. Əgər maraqlansanız Genie'nin həzin həyatı barədə müxtəlif məlumatlar əldə edə bilərsiniz, amma biz bu yazıda sadəcə məsələyə KD fərziyyəsinin birinci dilin mənimsənilməsindəki əhəmiyyəti prizmasından baxacağıq. Genie 13 yaşından etibarən ingilis dilini öyrənməyə başladı. Curtiss (3) növbəti 7 il ərzində onun dili mənimsəmə prosesini yaxından təqib etdi və

bir çox təcrübələr və müşahidələr həyata keçirdi. Acınacaqlı haldır ki, Genie bu yeddi il müddətində çox məhdud şəkildə ingilis dilinin bəzi morfoloji və sintaktik xüsusiyyətlərini mənimsəyə bildi.

Curtiss'in ikinci araşdırması da birincisinə çox bənzəyir. Chelsea adında kar bir qadın doğulduğu gündən 32 yaşına qədər ailəsi tərəfindən cəmiyyətdən təcrid edilmişdir. Tapıldıqdan sonra edilən bütün cəhdlərə baxmayaraq Chelsea dil mənimsəmə adına heç bir irəliləyiş əldə edə bilmədi. Sadalan hər iki halda dil ilə təmas KD'dən sonra baş verdiyinə görə dili mənimsəmək demək olar ki, qeyri-mümkün olmuşdur. Əldə edilən nəticələrə əsasən Curtiss Lennebergin KD fərziyyəsinin (əlbəttə ki, bir çox əlavələrlə) birinci dilin mənimsənilməsində rolunu bəlli ölçüdə isbat etməyə nail olmuşdu.

İKİNCİ DİLİN MƏNİMSƏNİLMƏSİNDƏ KD-NİN ROLU

20 əsrin sonlarına doğru KD'nin ikinci dilin mənimsənilməsində/öyrənilməsindəki önəmini araşdırmaq üçün bir sıra təcrübələr həyata keçirilməyə başladı. İlk vaxtlar Lennebergi dəstəkləyənlər onun yolunu davam etdirərək bu fərziyyənin sadəcə birinci dil üçün əhəmiyyət kəsb etdiyini söyləyirdilər. Sonradan, ikinci dilin öyrənilməsi və öyrədilməsi məsələsinə verilən əhəmiyyət və bu prosesdə qarşıya çıxan problemlərin həlli üçün edilən cəhdlər, yuxarıda da qeyd edildiyi kimi, KD-nin ikinci dilin öyrənilməsində rolunu araşdırmaq zəruriyyətə çevrildi. Doğrudur ki, ilk vaxtlar aparılan tədqiqatlar ikinci dil öyrənilməsi prosesinin sadəcə ilkin bir neçə ayına fokuslandığı üçün, nəticələr bir o qədər də inandırıcı qəbul edilmirdi. Lakin, sonradan ikinci dilin mənimsənilməsini uzun müddət araşdıran, müxtəlif təcrübələrlə əsaslandırılan tədqiqatlar meydana çıxmağa başladı (4). Əsas məqsəd, Lenneberg'in fərziyyəsinin ikinci dil üçün də bəlli ölçüdə keçərli olduğunu isbat etmək idi. Elə ilkin təcrübələrdən göründü ki, ikinci dilin ana dili kimi öyrənilməsində spesifik bir yaş həddi yoxdur, amma kritik dövr var. Növbəti mərhələdə isə məqsəd bu kritik dövrün sərhədlərini dəqiqləş-

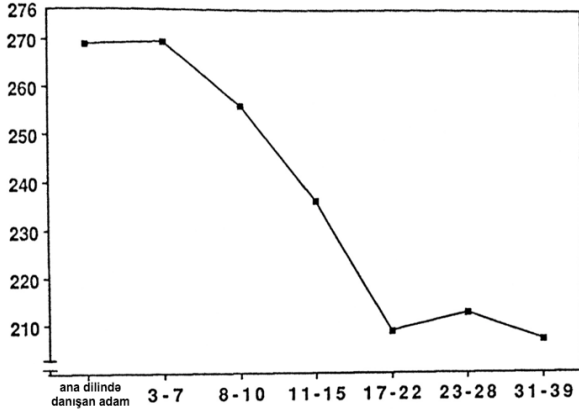
dirmək idi. Bu məsələnin həlli həm də ikinci dili hansı yaşda daha effektiv şəkildə öyrənməyi və tədris etməyin mümkünlüyünü ortaya çıxaracağı üçün əhəmiyyətli idi. İndi sizə təqdim edəcəyim araşdırma 1989-cu ildə Elissa Newport və Jacqueline Johnson tərəfindən həyata keçirilib. Bu araşdırmanın əvvəlkilərdən fərqi uzun müddətli müşahidə və tədqiqatları özündə cəmləşdirməsidir. Ümumiyyətlə, dilçilikdə, bu araşdırmaya qədər olan tədqiqatlar çox qısa müddəti əhatə etdiyi üçün, yetişkinlərin nəticələrinin uşaqlardan daha yaxşı olduğuna əsaslanaraq KD-nin ikinci dil öyrənilməsi üzərində təsiri uzun müddət inkar edilmişdir (5) (6) (7). Halbuki, sonrakı tədqiqatlar göstərdi ki, yetişkinlərin nəticələri qısa müddətli-dir və uşaqlar nəticə etibarlı ilə dili daha yaxşı mənimsəyirlər (8). Newport və Johnson tərəfindən aparılan araşdırmada ABŞ-da yaşayan, ABŞ-a gəlmə yaşlar 9-39 arası olan və ana dili Çin və ya Koreya dili olan 46 mü-hacir test edilmişdir (9). Bu dillərin seçilməsi də təsadüfi deyildi. Çin və Koreya dilləri struktur cəhətdən ingilis dilindən ciddi şəkildə fərqlənir. Gəlin həmin araşdırma ilə biraz da yaxından tanış olaq. Test edil-mək üçün insanların seçilməsində diqqət edilən məsələlərdən biri də bu insanların ABŞ-a köç etdikləri yaş dövrü idi. Bütün test olunanların ingilis dili ilə təması bu dildə ana dilində danışan adamlar vasitəsilə olmuşdur. Seçilənlərin hamısı ən az 5-6 il müddətinə (3 il ara vermədən) ABŞ-da yaşayırdı. Araşdırmanı daha da obyektiv edə bilmək üçün test olunan insanlar İllinois Universitetinin tələbə və müəllim heyə-tindən seçilmişdi. Dolayısı ilə, test olunanların mənşəyi bir-birinə yaxın idi. Araşdırmaçılar test etdikləri insanları ABŞ-a erkən yaşda və gec gələnlər olaraq iki qrupa bölürlər. Erkən yaşda gələnlər qrupuna 15 yaşından əvvəl ABŞ köçənlər aid edilir (23 nəfər). 17 yaşından sonra gələnlər isə (23 nəfər) gec gələnlər qrupuna əlavə edilir. İki qrupdakı insan sayının eyni olması da diqqət edilməli amillərdən biridir. Aşağda-ki cədvəldən də aydın oluğu kimi insanlar test edilərkən artıq ən azı 5 il ABŞ-da yaşayırdılar.

<i>ABŞ da yaşama müddəti (il ilə)</i>	<i>Gəlmə yaşı</i>	
	<i>3-15</i>	<i>17-39</i>
3-6	4	7
7-10	10	11
11-15	9	3
23-26	0	2

Cədvəl 1. Tədqiqatda iştirak edən insanların ABŞ-a köçdükləri yaş və burada yaşama müddətləri

Test edilən insanlara ingilis dilində səsləndirilmiş 276 sadə cümlə təqdim olunur. Onlar qulaq asaraq (hər cümləyə 2 dəfə olmaqla) bu cümlələrin ingilis dili qrammatikası görə doğru olub olmadığını müəy-yənləşdirirlər. Onu da qeyd etməliyik ki, bu cümlələr həmçinin 23 nəfər ana dili ingilis dili olan insanlara da dinlənilirdi. Dinlənilən cümlələr ingilis dilinin sintaktika və morfologiyasına aid 12 müxtəlif aspekti əhatə edirdi. Onların yarısı ingilis dili qrammatikasına görə doğru, yarısı isə səhv idi. Testin nəticələrinə əsasən ABŞ-a erkən gələnlər qrupuna aid olanlar gec gələnlərə nisbətən daha yaxşı nəticələr sərgilədilər. Müqayisəyə ingilis dilində ana dili olaraq danışanların da nəticələri əlavə edilir. Aşağıdakı qrafikdən də görüldüyü kimi, 3-7 yaşları arasında ABŞ-a köç edənlər ABŞ-da doğulan insanlarla eyni nəticəni göstər-mişlər. İngilis dilini mənimsəməyə başlama yaşı artdıqca nəticələr tədricən aşağı düşməyə başlayır. Bu

düşüş 17 yaşlarına qədər davam edir və ondan sonra az fərqlərlə stabil qalır. Bu nəticələrlə də



Şəkil 3. Təcrübədə iştirak edənlərin müxtəlif yaş qrupundakı insanların ingilis dili nəticələri. (Mənbə: Johnson & Newport, 1989)

müəlliflər ikinci dilin mənimsənilməsində KD-nin rolunun əhəmiyyətli olduğunu sübut edə bildilər. Beləliklə onlar vurğulayırlar ki, dilin mənimsənilməsində kritik bir dövr var və bu dövr ərzində ikinci bir dili ana dili səviyyəsində öyrənmək mümkündür. KD-nin sonlarına yaxınlaşdıqca bu bacarıq tədricən azalır və nəhayət mümkünsüz hala gəlir.

Yaxşı, bəs bu KD-yə nə səbəb olur. Müəlliflərin KD'ün izahı üçün maraqlı bir fərziyyələri var: püxtələşmə halı fərziyyəsi (*ing:maturational state hypothesis*). Bu fərziyyəyə əsasən uşaq beyninin dilləri mənimsəmədə xüsusi bir qabiliyyəti var, püxtələşmə prosesi getdikcə bu qabiliyyət azalır və nəhayət tamamilən itir. Kritik dövrdən sonra isə yeni dil ilə təmasda mənimsəmə deyil, dili öyrənmə prosesi baş verir. Əslində, bəzi yetişkinlər dil öyrənmədə uşaqlardan daha müvəffəq olurlar, yəni grammatik qaydaları daha sürətli öyrənirlər, amma nəhayətində uşaqlar dili ana dili kimi mənimsəmiş olurlar, böyüklərdə isə bu alınmır. Bu nöqtədə belə bir sual meydana çıxır. Fərz edək ki, bir uşaq 7-8 yaşına qədər, yəni KD-nin bitməsindən əvvəl 2 fərqli dilin təsirinə məruz qalır və hər ikisini öyrənir. O zaman, bu uşaq iki dildə də ana

dilində danışan adam sayıla bilərmi? Jurnalımızın gələcək sayında bu mövzu haqqında ətraflı danışımağa çalışacağıq.

Sonda isə, deyə bilərik ki, əgər bir dili bəlli bir yaşdan sonra öyrənməyə başlamışıqsa o dildə ana dilində danışan adam olmağımız demək olar ki, mümkün deyil. Başa düşürəm ki, bəzilərimiz yazının belə minor notlarla bitməsinə məyus olacaq, amma heç olmasa ikinci dili niyə ana dili kimi öyrənmə bilməməyimizin səbəbini öyrənmiş olduq.

Mənbələr

1. Lenneberg, E. (1967). *Biological foundations of language*. New York: Wiley.
2. Curtiss, S. (1977). *Genie: A Psycholinguistic Study of a Modern-Day Wild Child*. New York: Academic.
3. Curtiss, S. (1988). A case of Chelsea: A new case of critical period for language acquisition. *Unpublished Transcript*, 63-100.
4. Krashen, S. (1982). Accounting for child-adult differences in second language rate and attainment. *child-adult differences in second language acquisition*, 202-226.
5. Asher, J., & Price, B. (1967). The learning strategy of total physical response: Some age differences. *Child Development*, 38, 1219-1227.
6. Olson, L., & Samuels, S. (1973). The relationship between age and accuracy of foreign language pronunciation. *Journal of Educational Research*, 66, 263-267.
7. Snow, C., & Hoefnagel-Höhle, M. (1978). The critical period for language acquisition: Evidence from second language learning. *Child Development*, 49, 1114-1128.

8. Carey, S., & Gelman, R. (1991). *The Epigenesis of Mind*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
9. Newport, E., & Johnson, J. (1989). Critical Period Effects in Second Language Learning: The Influence of Maturational State on the Acquisition of English as a Second Language. *Cognitive Psychology*, 60-70.

HAVA KİRLƏNMƏSİNDƏ UÇUCU ÜZVİ BİRLƏŞMƏLƏR

(MÜƏLLİFİN AKADEMİK ARAŞDIR-
MASINDAN)

Toğrul Alməmmədov

1. Nəzəri hissə

1.1 Uçucu üzvi birləşmələrin qaynaqları

Uçucu üzvi birləşmələr (UÜB) hava kirlənməsi prosesində önəmli mahiyyətə sahib olub, bunlardan bəzi maddələr isə insan sağlığına zərərli özəlliyi ilə bilinib, öyrənilməkdədir. UÜB-in emissiya olunma qaynaqlarına motorlu nəqliyyat vasitələri, kimyəvi maddə istehsal edən qurğular, emal platformaları, fabriklər, istehlak və ticari məhsullar və təbii (*biyogen*) maddələr daxildir (1).

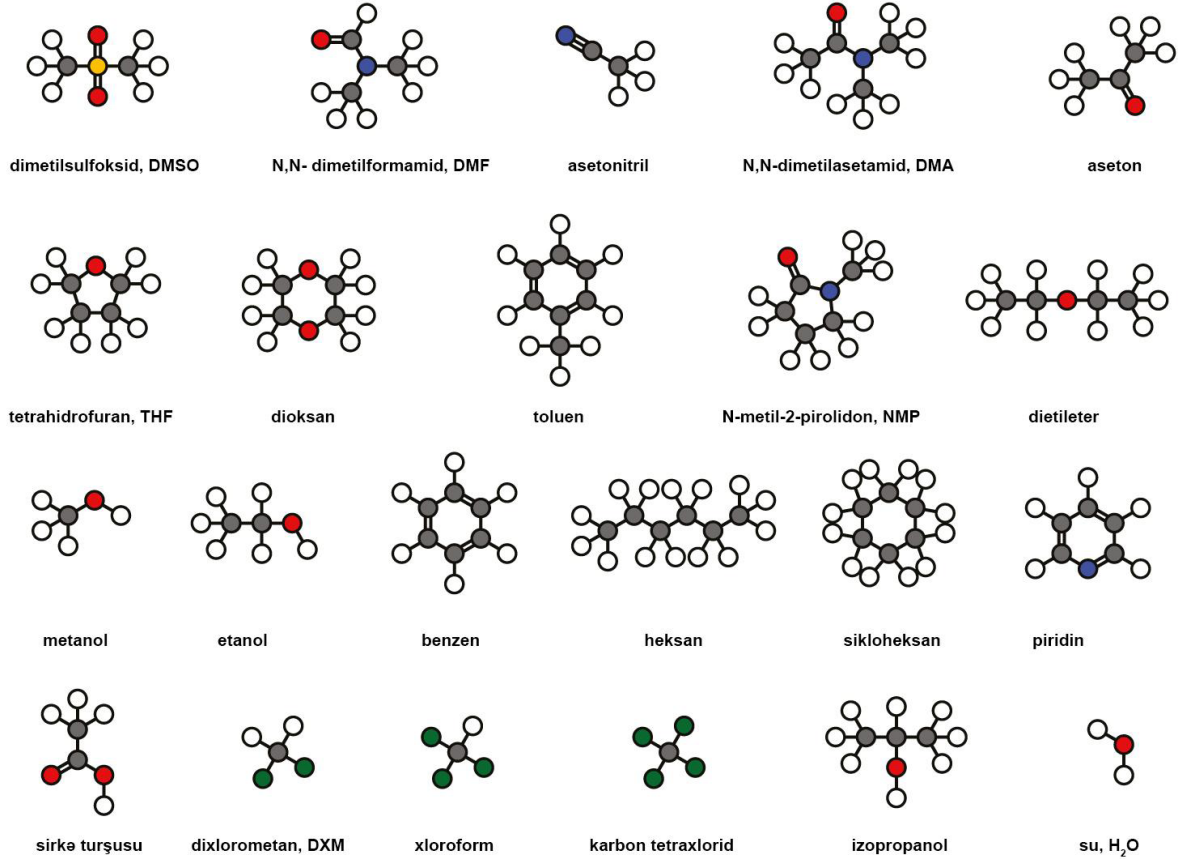
UÜB-in emissiya olunmasında ənənəvi inventarlaşdırılmış antropogen kateqoriyasında ilk ağla gələn “Yanacaqlar” qaynağıdır ki, bunun üçün kömür, benzin, qaz əmələ gətirən enerji stansiyalar, sənayə, kommertiya, institusional mənşəli alətlər, yaşayış evlərindəki qızdırıcı və qaynadıcılar daxildir. Daha sonra, “Digər sənayə prosesləri” üzvi birləşmələrin emissiyasında ciddi bir qaynaq olub, kimyəvi maddələr istehsalı, neft emalı, metal istehsalı kimi nümunələrdir ki, onların istifadəsi zamanı yanma baş vermir. Üçüncü qrup qaynağa şəxsi avtomobillər, yük avtobusları, sərnişin avto-

busları və motosikletlərin daxil olduğu “Avtomobil yolunda hərəkət edən nəqliyyat vasitələri” daxildir. Dördüncü və sonuncu qaynaq isə “Avtomobil yolunda hərəkət etməyən mühərrikli maşınlar və nəqliyyat vasitələri”dir. Bu qrupda isə ferma, təsərrüfat və qurulucuy işlərində istifadə olunan alətlər, qazon və ot biçən mexanizmlər, qayıqlar, gəmilər, qartəmizləyən maşınlar, təyyarələr və digər qurğular daxildir.

Bunların içindən nəqliyyat vasitələrindən emissiya olunmuş UÜB-in önəmini anlamaq, şəhər mərkəzlərindəki hava kirlənməsinin təyin olunmasında ciddi rol təşkil edir. Əgər bu qaynaqlar daha yaxşı öyrənilib, analiz edilərsə, UÜB konsentrasiyası səviyyəsinin düşməsinə nail olmaq olar (2).

UÜB içində terpenlər, yağlar, müxtəlif həlledicilər, aromatik maddələr, spirtlər, alkanlar, aldehidlər və digər funksiyonal qruplardan olan maddələr də daxil olmaqla 120-ə yaxın birləşmə mövcuddur. Bu araşdırmada analiz edilənlər isə BTEKS maddələri adlanan benzen, toluen, etilbenzen və ksilenlərdir¹.

1 Benzen, toluen, etilbenzen, ksilen maddələri, müvafiq olaraq, köhnə azərbaycan kimya kitablarında benzol, toluol, etilbenzol, ksilol kimi ifadə edilir. Üzvi kimyada -ol şəkilçisi spirtlərin (*alkoqol funksional qrupu*) adlandırmasında istifadə olunur, Elmi Spektir olaraq bu keçidin tərəfdarlarıyıq. Beləcə, IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) adlandırma sistemində keçid etmək və xarici ədəbiyyatlara müraciət edərkən ortaya çıxma biləcək lazımsız qarışıqlığın qarşısını almaq olar.



Şəkil 1. Uçucu üzvi birləşmələrdən bəziləri (Mənbə: Awsciences)

1.2 BTEKS maddələri

BTEKS akronim olub, benzen, toluen, etilbenzen, ksilenlərin qısaltma adıdır. Bu maddələr neft törəməsi birləşmələri qrupuna daxildir. BTEKS maddələri alışıqan olub, mərkəzi sinir sistemində qarşı ciddi şəkildə zərərli. Bu maddələr çox vaxt rəngsizdir və şirin ətirli olub tezliklə buxarlaşan növdədir. Onlar üzvi həlledicilərlə asanlıqla qarışmaqla yanaşı suda demək olar ki həll olurlar.

Benzenin çöl havadakı konsentrasiyası ucqar dağ kəndlərində $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.06 ppb)² səviyyəsindən başlayıb, motosikletlərin çox olduğu ərazilərlə birlikdə sənayə mərkəzlərində $349 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (107 ppb) səviyyəsinə qədər çatır. Yanacaqda benzenin kütlə faizi 1-2 % arasındadır. Yanacaq doldurma

2 ppb - "parts per billion" olub milyarda bir hissə anlamına gəlir. 1 ppb A - bir milyard toplam molekuldan biri A-dır.

məntəqələrindəki havada benzenin konsentrasiyası $\sim 10,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 3,000 \text{ ppb}$) səviyyəsində ölçülür. Bir saat ərzində avtomobil sürmək, bir insanın gündəlik təxminən $40 \mu\text{g}$ benzen udmasına yol açır. Həftədə 1 dəfə yanacaq doldurma mərkəzində 2 dəqiqəlik gözləmə zamanı əlavə olaraq daha $10 \mu\text{g}$ benzen udulur. Benzenin qapalı havada maksimum konsentrasiyası $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (154 ppb) olaraq ölçülüb. Bundan əlavə, benzen yemək və içkilərdə də həll ola bilər və rast gəlinir. Birləşmiş Krallığın "Qida Standartları Agentliyi"nin 2006-cı il araşdırmalarına görə soyuq içkilərdə rekord konsentrasiya - 28 ppb səviyyəsində benzen aşkarlanmışdır (3).

Toluenin ən böyük qaynaqları yanacağın istehsalı, daşınması və istifadəsidir ki, bu da 5-8 % toluen əmələ gəlməsi deməkdir. Ucqar yerlərdə və şəhər kənarı ərazilərdə toluenin səviyyəsi çox vaxt aşağı olur. Adətən şəhər mərkəzlərində (*ing. urban*) və ətrafında (*ing. suburban*) $5 - 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($1.3 - 6.6 \text{ ppb}$) səviyyəsində, nəqliyyat sıxlığının çox olduğu ərazilərdə isə $1310 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (350 ppb) səviyyəsində toluen ölçülür. Petrol stansiyalarında ortalama toluen konsentrasiyası $9.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dur (2.4 ppb) (4).

Etilbenzen hava mühitində tapılan maddələrdəndir və əsas qaynağı sənayə tullantıları ilə avtomobillərdən gələn emissiyadır. Yanacağın tərkibində 1-2 % etilbenzen ölçülməkdədir.

Urban ərazilərdə $0.74 - 360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.1 - 83 \text{ ppb}$), kəndlərdə isə adətən 0.46 ppb səviyyəsindədir. Gübrə, həlledici, boya, dəri və parket parıldadıcısı alınmasında, avtomobil təmizlənməsi üçün yağ istehsalında, eləcə də yapışdırıcı olaraq istifadə olunur.

Ksilenlər (*orto-, meta-, para-ksilen*) də digər BTEKS maddələri kimi sənayə tullantılarından və motosiklet qazlarından emissiya olub, hava kirlənməsində iştirak edən önəmli maddələrdəndir. Urban və sənayə bölgələrində ksilenin konsentrasiyası $775 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (178 ppb) civarındadır. Yanacaq isə 7-10 % ksiləndən təşkil olunur. Ksilen həm də həlledicidir və buxarlaşma

zamanı havadakı miqdarı artı bilər. Ksilenin açıq havada tipik səviyyəsi $0.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dir, suburban ərazilərdə isə bu rəqəm üç dəfə çoxdur (5).

1.3 Ədəbiyyat araşdırması

Atmosferdəki maddələrin qaynaqları və reaksiyaya girmə meyillilikləri (*reaktivlik*) fərqli olduğundan, onlardan bəzilərinin bir-birinə olan nisbəti kirlənmənin qaynağının nəqliyyat emissiyası və ya digər səbəblər olduğunu araşdırmaqda faydalı olur. Məsələn üçün, kirlənmənin nəqliyyat səbəbli olub-olmamasını yoxlamaq üçün toluen/benzen (*T/B*) nisbəti istifadə oluna bilər. Benzen nəqliyyat emissiyasından qaynaqlandığı halda, toluen atmosferə daha çox digər qaynaqlardan emissiya olunur. Buna görə də *T/B* nisbəti (< 2.0) motorlu nəqliyyat vasitələrin emissiyasının ciddi göstəricisidir. Buna əlavə olaraq, 2-dən kiçik *T/B* nisbəti, qeyri-nəqliyyat emissiyasına dəlalət edir və burada çox vaxt əsas günahkar həlledicilərin buxarlaşması olur (6).

*m-, p-*ksilenin etilbenzenə olan nisbəti (*K/E*) UÜB-in atmosferdəki yaşını aydınlaşdırma bilər. Bu, ksilenlərin və etilbenzenin atmosferdəki hidroksil radikalına qarşı reaktivlik fərqiindən əmələ gəlir. Ksilenlər hidroksil radikalına qarşı benzəndən daha reaktivdir. Məhz buna görə, kiçik *K/E* nisbəti UÜB-nin atmosferdəki yaşının çox olduğunu göstərir.

Daha öncəki araşdırmalar *K/E* nisbətinin sənayə bölgələrində 1.0 - 1.5 arasında, sıx nəqliyyat olan ərazilərdə isə 2.5 - 3.5 arasında olduğunu göstərir.

Nisbət	Qış	Yaz	Yay	Payız
T/B	4.53	4.51	4.07	3.43
K/E	1.70	1.69	1.61	1.84

Cədvəl 1. *Ankaranın suburban ərazisindəki T/B və K/E nisbətinin mövsümə görə dəyişməsi (2012-ci il Sema Yurdakul araşdırmasından).*

K/E nisbəti çox vaxt 1-dən kiçik olsa da, yuxarıdakı qrafikdən görünüb anlaşıldığı kimi havadaki hidroksil radikalı ilə ksilenin fotokimyəvi reaksiyanın hələ də davam etdiyini güman etməyə əsas verir. Bütün fəsilərdə T/B nisbəti yüksək dəyərlərdədir. Bunun səbəbi isə həlledici buxarlanması olaraq göstərilə bilər (10).

1.4 UÜB-in ətraf mühitə və insan sağlamlığına təsiri

UÜB nitrogen oksidləri (NO_x) ilə birlikdə üst atmosferdə oksigen ilə reaksiyaya girib, bu qatı dəşir və nəticədə sis əmələ gəlir ki, bu da iqlim dəyişikliyinə yol açır. Ozonun (O_3) özü kirlədic maddə olub, günəşlə fotokimyəvi reaksiyaya girdiyi anda təbii sis əmələ gətirə bilər. Bu sis çox kiçik miqdarda əmələ gəlib, stratosferdə yerləşir. Yuxarı atmosfer təbəqəsində günəşin ultrabənövşəyi şüalarından qoruduğu üçün, ozon "faydalı" adlanır. Bundan başqa, troposfer təbəqəsində də ozona rastlanmaqdadır. "Zərərli" adlanan bu ozonun səbəbkarı - hava kirlənməsinin müəllifi olan insandır (7).

İnsan sağlamlığına təsiri isə UÜB-in növü, məruz qalma konsentrasiyası və uzunluğu ilə əlaqəlidir (4).

Normal çevrə və təbii mühitlərdəki UÜB-inə qısa müddətli məruz qalma sağlamlıq üçün ciddi təhlükə kəsb etməsə də, uzun müddətli məruz qalma bəzi təhlükələr təşkil edə bilər.

Sağlamlıq və İnsan Servisləri (*ing. Health and Human Services, HHS*) benzenin xərçəng xəstəliyinə yol açdığını açıqlayıb. Beynəlxalq Xərçəng xəstəliyi Araşdırması Agentliyi (*ing. International Agency for Research on Cancer, IARC*), etilbenzeni Qrup 2B kateqoriyasında karsinogen maddə olaraq təsnifləşdirib. Toluən və ksilenləri, yetərli dəlil və araşdırma olmadığı üçün, karsinogen maddə olaraq təsnifləşdirmək mümkün deyil.

2. Eksperimental hissə

2.1 Nümunə toplama

UÜB səviyyələrini ölçmək üçün istifadə olunan texnikalar avtomatik yolla və ya fiziki əməklə mümkündür. Avtomatik (*onlayn sistem*) yol olduqca bahalı təchizatlar tələb edir. Bunun yanında, nümunələrin adsorbent vasitəsi ilə konteynerə və ya qutuya alınıb, toplanması çox asandır.

Nümunələr TENAX TA 60/80 adsorbenti ilə qaplanmış borulara toplanır. TENAX tüplərinin divarındakı adsorbent maddə olan n-(2,6-difenil-p-fenilen oksid) polimeri, bugünlərdə, hava toplanması və təmizlik məqsədli kirli hava uducusu olaraq istifadə olunur. Başqa polimerlərdən fərqli olaraq, bu maddənin unikal molekulyar quruluşu adsorbsiya & desorbsiya prosesini asanlıqla həyata keçirməyə yarayır. Təqribi 350 mg adsorbent hər tüpə doldurulur. 4 saat ərzində 320 °C-də adsorbent dəmir boruya yapışdırılır. 4 saatdan sonra TENAX tüpləri, qapalı şəkildə şüşə tüplərinə yerləşdirilib nümunə sahəsinə götürülənə qədər soyuducuda saxlanılır.



Şəkil 2. Tenax -TA adsorbent tüpü (Mənbə: Weber)

Adsorbent borular pis hava şəraitindən qorunmalıdır. Nümunə toplayarkən, TENAX tüpləri qorunub, yerdən 1.5 metr yüksəklikdə, ağaca iplə bağlanılır.

Borular sahədə 1 həftə ərzində nümunə toplayır. Maddələrin başlanğıc və son konsentrasiyaları hesablanaraq analiz edilir. Bu, həm də, konsentrasiya ölçümünün dəqiqləşməsinə gətirib çıxarır. Düzgün zamanlama etmək nümunə toplanması üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çünki, nümunələrin əlavə qatışıqlardan qorunması, qısa vaxt ərzində

analiz edilib ölçülməsi çox vacibdir.

2.2 Nümunələrin analizi

Bu araşdırmanın Orta Doğu Texniki Universitetinin (ODTÜ) Kimya Bölməsindəki qapalı hava mühitində aparılması planlansa da, sonradan açıq hava ilə əvəz olunub. Lakin, daha sonra eksperiment hissəsi iki yerə bölünüb: i) TENAX tüpləri ilə toplanan nümunənin Qaz Xromatografiyası - Alovla İyonlaşma Detektoru (*ing. Gas Chromatography - Flame ionization detector — GC-FID*) alətinin termal desorbsiya metodu ilə ölçülməsi ii) aktiv karbon istifadəli nümunələrin ekstraksiya metodu ilə UÜB-in geri toplanaraq Qaz Xromatografiyası - Kütlə Spektroskopiyası (*ing. Gas Chromatography - Mass Spectroscopy — GC-MS*) ilə birbaşa mayə inyeksiyası analizi. TENAX tüpləri ilə analizlər ODTÜ Çevrə Mühəndisliyi bölümündə, Prof. Gürdal Tuncelin “Hava Kirliliyi” laboratoriyasında həyata keçirilib.

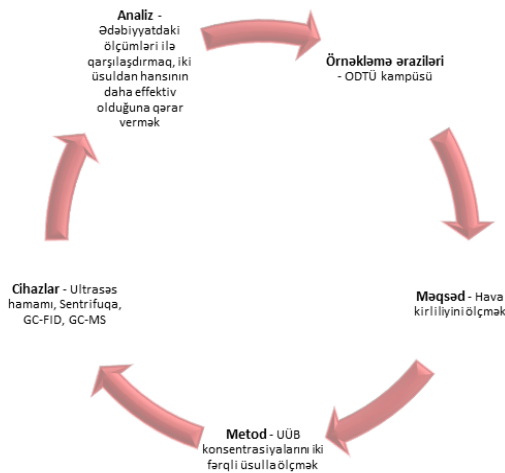


Şəkil 3. ODTÜ Kimya Bölümü (Mənbə: METU Chemistry)

Aktiv karbon ilə olunmuş analiz isə ODTÜ Kimya Bölümündə Prof. Semra Tuncelin “Çevrə və Yer Sistemləri” laboratoriyasında aparılıb. Aktiv karbon ilə olan eksperimentin TENAX tüplərindən fərqi, adsorbent idi ki, birində aktiv karbonun özü adsorbent olaraq istifadə olunur, digərində isə, daha əvvəl də qeyd olunan xüsusi polimer istifadə olunur. Bu fərqdən yola çıxaraq ölçülən UÜB konsentrasiyalarının necə dəyişdiyini qarşılaşdırmaq, bu araşdırmanın əsas məqsədidir.

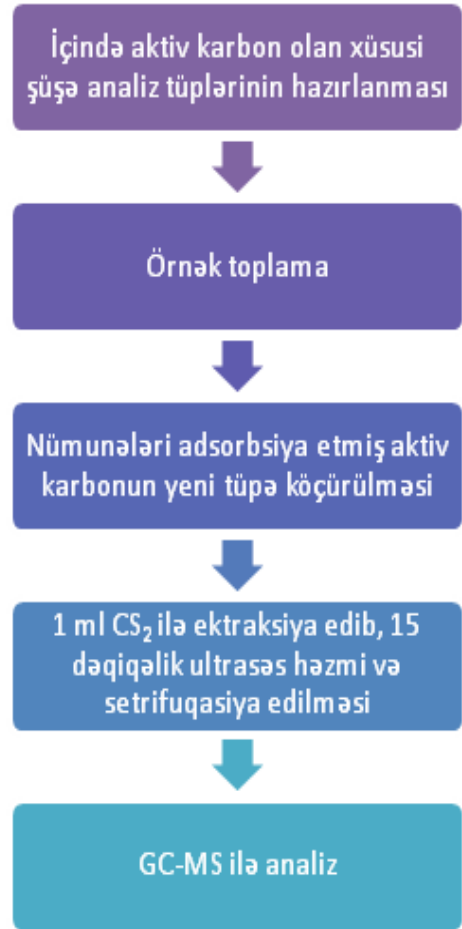


Şəkil 4. TENAX tüplərini analiz edən GC-FID cihazı (Mənbə: Agilent)



Figur 1. Araşdırma dövriyyəsi

Araşdırmanın iki fərqli hissəsini eyni dövriyyədə birləşdirmək üçün ortaq dövr sistemi qurulur və daha sonra ikinci hissənin daha da optimallaşdırılması üçün ekstraksiya protokolu tərtib olunur.



Figur 2. Aktiv karbon ilə UÜB-in adsorbsiyası və ekstraksiya metodunun optimallaşdırılması sxemi

Bu protokol, Toğrul Alməmmədov tərəfindən optimallaşdırılıb, UÜB nümunə analizində ilk dəfə istifadə olunur. Bundan sonra isə nəticələr əldə olunaraq qarşılaşdırılır.

3. Analizlər

3.1 Hesablamalar

Termal Desorbsiya Metodu ilə TENAX tüplərinin GC-FID analizi

Madələr/ Nümunə	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m-, p-ksilen	o-ksilen
1	1.44	2.15	0.183	0.284	0.162
2	0.876	4.30	0.154	0.185	0.201
3	0.925	2.13	0.195	0.306	0.226
4	0.926	1.99	0.153	0.283	0.234
5	0.535	3.83	0.158	0.242	0.249
6	0.629	1.62	0.122	0.169	0.174
7	0.942	2.12	1.64	0.285	0.261
8	0.691	1.96	0.156	0.279	0.184
9	0.735	2.07	0.191	0.330	0.199
10	1.82	5.24	0.178	0.312	0.529
ortalama	0.951	2.74	0.313	0.268	0.242
STD	0.372	1.17	0.423	0.0506	0.100

Cədvəl 2. Termal desorbsiya ilə nümunələrin, UÜB növlərinə görə ölçülən konsentrasiya dəyərləri (Konsentrasiyalar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ göstərilib).

Termal desorbsiya metodu çox dəqiq nəticələr ilə ölçüm edib, UÜB üçün $0.0506 - 1.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ standart yayınma (STD) aralığında dəyərlər göstərmişdir. Benzenin ortalama konsentrasiyası $0.372 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olaraq ölçülmüşdür. Toluenin nümunələrdəki ortalama konsentrasiyası $1.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, etilbenzenin isə $0.423 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olaraq təyin olunmuşdur. Ksilenlər UÜB-in arasında ən az pay sahibi təşkil edir, m-, p-ksilenlər və o-ksilen üçün, müvafiq olaraq 0.268 və $0.242 \mu\text{g}/\text{m}^3$ səviyyəsində ölçülmüşdür. Bu metodla alınmış konsentrasiyalar, ədəbiyyatdakı bir çox şəhərlərin UÜB-in konsentrasiyalarından azdır. Lakin, universitet şəhərçiyi çevrəsi standartlarına görə, hələ də, insan sağlamlığı üçün təhlükəli kəsb olunur. Həllədicə və kiçik miqyasda nəqliyyat vasitələri, siqaret dumanı və qazlı içkilər bu səviyyədə UÜB konsentrasiyasına səbəb ola bilər

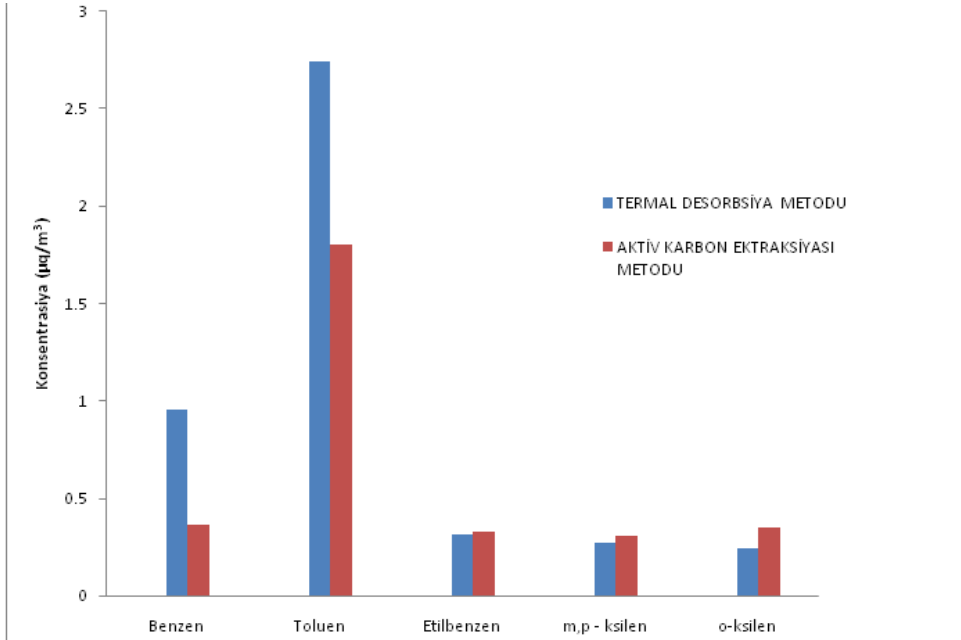
Aktiv karbonlu ekstraksiya metodu ilə GC-MS analizi

Maddə/ Nümunə	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m-, p-ksilen	o-ksilen
1	N. D.	N. D.	N. D.	0.321	N. D.
2	N. D.	1.82	0.357	0.365	N. D.
3	0.483	N. D.	0.265	0.282	0.483
4	0.498	1.80	0.518	0.305	0.498
5	0.349	1.77	0.171	0.431	0.349
6	0.126	N. D.	N. D.	0.140	0.126
Ortalama	0.364	1.80	0.328	0.307	0.364
STD	0.149	0.019	0.128	0.088	0.165

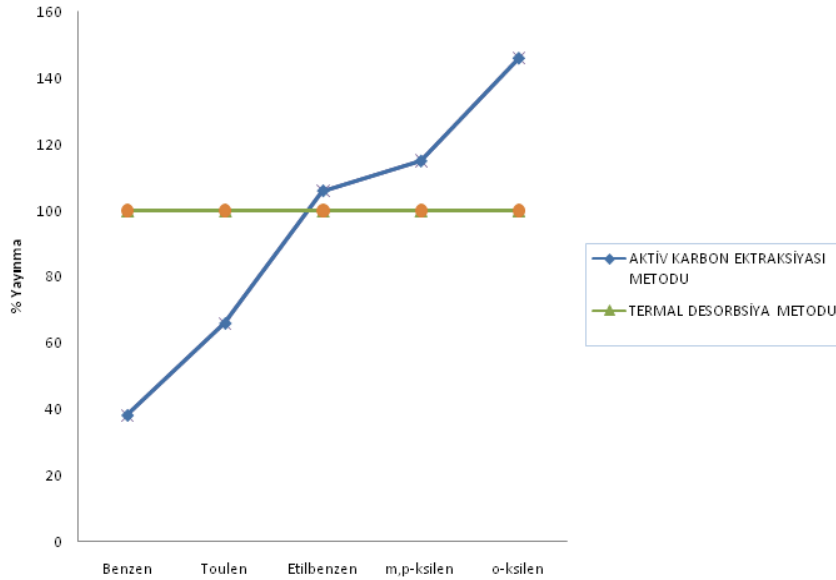
Cədvəl 3. Aktiv karbon ekstraksiyası ilə nümunələrin, UÜB növlərinə görə ölçülən konsentrasiya dəyərləri (Konsentrasiyalar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ göstərilib). N. D. ölçüm sırasında cihaz xətalarından yaranan siqnal sürüşməsi nəticəsində maddələrin dəqiqliyinin ölçülə bilməməsini ifadə edir.

Aktiv karobunun ekstraksiyasından sonra birbaşa GC-MS cihazına inyeksiya texnikası altı nümunədə çox fərqli dəyərlərə yol açmışdır. Bəzi nümunələrin analizində, fərqli UÜB-in dəyərləri cihaz problemlərindən qaynaqlı və yaxud ekstraksiya verimliliyinin azlığından ölçülə bilinməmişdir. Ədəbiyyat araşdırması ilə UÜB üçün, “Çevrə və yer Sistemləri” laboratoriyasındakı GC-MS cihazının kolonuna uyğun tutma vaxtı (*retention time: t_R*) hesablamaları aparılmışdır. Termal desorbsiya metoduna görə benzen və toluen konsentrasiyası, GC-MS analizində daha az hesablanmışdır. Buna səbəb isə həddindən artıq uçucu olan bu üzvi maddələrin ultrasəs təmizlənməsi və sentrifüqasiyası³ sırasında havaya buxarlanması ola bilər. Benzen üçün konsentrasiya aralığı $0.498 - 0.126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ və ortalama konsentrasiya $0.364 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dur. Toluen, etilbenzen, m-, p-ksilen və o-ksilenin ortalama səviyyəsi isə, müvafiq olaraq 1.8, 0.328, 0.307 və $0.364 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olaraq ölçülmüşdür. Standart yayınma dəyəri ən çox o-ksilen üçün, ən az isə etilbenzen üçün hesablanmışdır. GC-MS analizi ilə ksilenlərin konsentrasiyası, termal desorbsiya metodunun ölçümlərindən daha çoxdur. Buna səbəb olaraq isə, ksilenlərin bölgəsindəki siqnalların başqa növ UÜB-lərlə üst-üstə düşməsi və buna görə də qarışmış siqnalların manual olaraq yaxşı ayrılı bilinməməsidir.

Aşağıdakı qrafiklərdə iki metodun bir-birindən BTEKS funksiyası ilə necə fərqləndiyini görmək mümkündür.



Figur 3. Araşdırmada istifadə olunan 2 metodun qarşılaşdırılması.



Figur 4. Aktiv karbon ekstraksiyası metodunun termal desorbsiya hər növüdə yayınma faizləri.

3.2 Ədəbiyyat ilə qarşılaşdırma

Fərqli şəhərlərdə ölçülən BTEKS konsentrasiyaları ($^2g/m^3$)

Şəhər/ Maddə	Ottawa ^a , Kanada	Hong- Kong ^b , Çin	Cluj- Napoca ^c , Romania	İzmir ^d , Türkiyə	Ankara ^e , Türkiyə	Bu araşdırma, Termal dez. metodu ^f	Bu araşdırma, Aktiv karbon eks. metodu ^f
Benzen	2.61	26.7	10.6	2.71	2.18	0.951	0.364
Toluen	7.22	77.2	36.1	7.7	7.89	2.74	1.8
Etilbenzen	1.33	3.1	10.1	0.6	0.85	0.313	0.328
m-, p-ksilen	3.16	12.1	15.7	2.82	2.21	0.268	0.307

^aKuntasal, 2005

^dDumanoglu et al., 2014

^bChan et al., 2002

^eYurdakul, 2012

^cNicoara et al., 2009

^fBu araşdırma, 2014

Cədvəl 5. BTEKS maddələrin dünyanın müxtəlif bölgələrindəki səviyyələri (Konsentrasiyalar $\mu g/m^3$ göstərilir).

Yuxarıdakı cədvəldə fərqli şəhərlərə uyğun BTEKS dəyərləri verilmişdir. Dəyərlərdəki dəyişkənlik, həm də nümunə alınma sırasındakı mövsümdən və bölgə fərqiindən qaynaqlanır. Metereoloji vəziyyət ölçümə çox təsir edən önəmli amillərdəndir. Buna görə də, bu araşdırmadakı dəyərlərlə ədəbiyyatdakı dəyərləri qarşılaşdırmaq elə də asan deyil. ÜÜB konsentrasiyaları fəsillərə görə fərqlilik göstərir. Adətən yay aylarında daha az dəyərdə ölçülür.

Ottawada analizlər şəhərin cənubunda, 3 fərqli nümunələndirmə bölgəsində aparılmışdır. Şəhərdəki kirlənmə daha çox yanacaqlardan və sənayə tullantılarından irəli gəlir (9).

Honk Kong çevrə analizlərində, Tsim Sha Tsui (TST), Mongkok (MK), Sham Shui Po (SSP) və Kwai Chung (KC) adlarında 4 bölgədən, ümumilikdə 16 nümunə alınmışdır. Bu nümunələr qış mövsümündə 9 gün ərzində toplanılmışdır. İnşaat binaların ətrafında və şəhər həyatının ən canlı nöqtələrinə yaxın olduğu üçün, bu bölgələrdəki hava kirlənməsinin sübutunu BTEKS dəyərləri ilə görmək mümkündür (5).

Cluj-Napoca isə Rumınyanın ən çox əhalisi olduğu şəhərlərindəndir. Burada nümunələndirmə qısa vaxt ərzində edilib başa çatdırılmışdır. Şəhər mərkəzi bir çox nəqliyyat vasitələrdən qaynaqlı yanma qazlarından çox kirlənir. Bu araşdırmaya görə, Cluj-Napocada BTEKS dəyərləri yüksəkdir (1).

İzmir Türkiyənin üçüncü ən böyük şəhəri olub, buradaki nümunələndirmə ərazisi, şəhərin 45 km uzaqlığında, şimal tərəfdəki Aliğa sənayə bölgəsidir. Bu bölgədə fərqli hava kirlənməsi qaynaqları olsa da, onlardan ən təsirlisi neft emalı zavodlarıdır. Hava nümunələri hər mövsümdə alınmışdır və cədvəldə göstərilənlər ortalama dəyərlərdir. Məsələn olaraq, toluen üçün maksimum və minimum dəyərlər, müvafiq olaraq $297.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ və $0.052 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dur (6).

Bu tablodakı dəyərləri analiz edərkən Türkiyə şəhərlərində oxşar hava kirlənməsi dərəcəsi - təxmini eyni BTEKS dəyərləri görülür. Bu dəyərlər, inkişaf etmiş ölkələrin böyük şəhərlərindəki BTEKS dəyərlərindən daha azdır (10).

BTEKS maddələrinin insana təhlükələrinin yanında, benzenin karsinogen maddə olması və myeloid leukemia xəstəliyinə yola açma bilməsi unudulmamalıdır. Dünya SəhiyyəTəşkilatı (*ing. qısaltması - WHO*) $1.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ benzen səviyyəsinin hər 1 milyonda 10 nəfərin leukomia xəstəliyinə düşər ola biləcəyini istisna etmir. Avropada, benzenin ən yüksək səviyyədə olduğu mühitlərdə $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ konsentrasiyasında illik limit qoyulub. Toluene və ksilenlər səviyyəsi üçün limit qoyulmasa da, benzenə sinerjistiklik təşkil edən bu maddələrin konsentrasiyaları, adətən hava-monitorinq zamanı qeyd olunur.

Bütün BTEKS maddələri üçün bu araşdırmadakı dəyərlər Ottawa, Honk-Kong, Cluj-Napoca, İzmir

və Ankara ölçümlərindən daha azdır. Bu nəticə ODTÜ kampüsünün dünya şəhərlərindən təmiz çevrəyə sahib olduğunun göstəricisidir. Ölçülən konsentrasiya dəyərləri, həmçinin Dünya Səhiyyə Təşkilatının limitlərini də keçmir.

4. Müzakirə və gələcək planlar

Araşdırmada istifadə olunan hər iki metodun uğurla başa çatması və aralarında bənzərlik ortaya çıxarılmışdır. Ən yaxın bənzərlik, etilbenzen üçün hesablanmışdır ki, o da sırasıyla termal desorbsiya və aktiv karbonlu ekstraksiya metodları üçün 0.328 , və $0.313 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dur. Analitik kimyada 2 fərqli metodla təxminən yaxın nəticəni əldə etmək, bu metodların doğruluğunu sübut edir və bu araşdırma üçün uyğun olduqlarını bir daha göstərir. İlk metod termal desorbsiya, ikinci metod isə aktiv karbonlu CS_2 ekstraksiyası ilə birbaşa maye inyeksiyası metodu idi. İki metod arasında razılaşma kifayət qədərdir.

Bu araşdırmanın nəticəsində, ətraf bölgələrdə və Türkiyənin başqa şəhərlərindəki hava nümunələrini analiz etmə işi asanlaşmışdır. Sağlamlıqriskikiymətləndirilməsi, havakirlənməsi təsirlərinin ən önəmli hissələrindəndir. Sırf buna görə, gələcək hədəflərdən biri, epidemiolojik analizlər edib, BTEKS maddələrinin dəqiq olaraq hansı orqana necə təsir etdiyini öyrənməkdir. Bundan başqa, Türkiyənin sənayə bölgələri olan Dilovası və Bolu çevrəsinin hava kirlənməsi ölçümləri planlaşdırılır.

Mənbələr

1. Barletta. B.. Meinardi. S.. Rowland. S.. Chan. C.. Wang. X.. Zou. S.... Blake. D. (2005). Volatile organic compounds in 43 Chinese cities. Alınıb: <http://www.chem.uci.edu/rowlandblake/publications/barlettavolatile.pdf>
2. Belalcazar. L.. Fuhrer. O.. Dung Ho. M.. & Clappier. A. (n.d.). Online roadside measurements of VOCs and other pollutants in Ho Chi Minh City. Vietnam. Alınıb: <http://dev.synspec.nl/docs/references/reference-19-Belalcazar-ROADSIDE-VOCs-IN-HCMC-MARCH-10-2008.pdf>
3. Agency publishes survey into levels of benzene in soft drinks in the UK. (n.d.). Alınıb: <http://www.food.gov.uk/news/pressreleases/2006/mar/benzenesurveypress>
4. Buczynska. A..Krata. A.. Stranger M.. Godoi A. . Kontozova V..BencsL..NaveauI..RoekensE..Grieken R. (2008). Atmospheric BTEX-concentrations in an area with intensive street traffic.
5. Chan. C.. Chan. L.. Wang. X.. Liu. Y.. & Lee. S. (2002). Volatile organic compounds in roadside microenvironments of metropolitan Hong Kong. Alınıb: <http://sklog.cn/atticle/Bo2/Bo2004.pdf>
6. Dumanoglu. Y.. Kara. M.. Altiok. H.. Odabasi. M.. & Elbir. T. (2014). Spatial and seasonal variation and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in a heavily industrialized region.
7. Freudenrich. Ph.D.. Craig. “How Ozone Pollution Works” (2001). Alınıb: <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/ozone-pollution.htm>
8. Ho. K.. Ho. S.. Lee. S.. Louie. P.. Cao. J.. & Deng. W. (2013). Volatile Organic Compounds in Roadside Environment of Hong Kong. Alınıb: http://aaqr.org/VOL13_No4_August2013/15_AAQR-12-10-OA-0278_1331-1347.pdf
9. Kuntasal. O.. Karman. D.. &Tuncel. G .ComparasionOf Volatile Organic Compounds In a Regulated And a Nonregulated City Atmosphere. Alınıb: http://www.umad.de/infos/cleanair13/pdf/full_276.pdf
10. Yurdakul. S.. Civan. M.. & Tuncel. G. (2012). Volatile organic compounds in suburban Ankara atmosphere. Turkey: Sources and variability.
11. Nicoara. S.. Tonidandel. L.. Traldi. P.. Watson. J.. Morgan. G.. & Popa. O. (2009). Determining the Levels of Volatile Organic Pollutants in Urban Air Using a Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method.

aylıq elmi-kütləvi jurnal

elmi spektr

Aprəl 2016

Say 4

© 2016, Elmi Spektr, bütün haqları qorunur.

Jurnalın bütövlükdə icazəsiz çoxaldılıb yayılması şiddətlə təşviq olunur. Yazılardan ayrı-ayrılıqda düzgün şəkildə istinad edərək istifadə etmək olar. İstinadsız istifadə etmə halları ilə qarşılaşıldıqda, həmin şəxsin beyninin sol aşağı nahiyəsinə şiddətli qıyılımlar göndərilərək, saxlaya bilməyəcəyi tər axını başladılacaqdır.

TÖHFƏ VERƏNLƏR

yazarlar

Nəriman Məmmədli
Sadiq Niftullayev
Toğrul Alməmmədov
Ərtəğrul Alışbəyli
Tural Alekberli
Nadir Şəfiyev
Rəşad Yusifov

dizayn

Subhan Manafzadə
Jurnala yazılarla və başqa
hər hansı şəkildə töhfə
vermək, habelə yazılara fikir
bildirmək üçün

info@elmspektr.org
www.elmspektr.org

